عالم المعرفة

سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

الكون والثقوب السوداء

أعدّه: رؤوف وصفي
راجعه: زهير الكرمي

١٧ - جمادى الاولى/جمادى الآخرة - ١٣٩٩ هـ - مايو (ايار) ١٩٧٩م

المراسلات:

توجه باسم السيد الامين العام للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
ص.ب ٢٣٩٩٦ الكويت

الكون والثقوب السوداء

مقدمة وتمهيد

بقلم

زهير الكرمي

خلال الحرب العالمية الثانية تعرض الاتحاد السوفيتي الى خراب هائل ودمار غير معقول .. اذ بالاضافة للدمار الناشيء عن المعارك الضارية والاسلحة المتطورة قام الروس بتطبيق سياسة الارض المحروقة والمدمرة ليمنعوا الالمان من الافادة من الابنية في المدن والقرى ومن المحاصيل في الحقول ومن الحيوانات التي تربى للافادة من لحومها . ولكن ما ان وضعت الحرب اوزارها حتى بدأت مشاريع الاعمار القومية لاصلاح ما تلف وتهدم ... وكان من الطبيعي في الاحوال العادية ان يبدأ ببناء المساكن لايواء الناس المشردين او العناية باصلاح المزارع والحقول ، لان الاعمار كان يجب ان تحكمه اولويات نظرا لان الاقتصاد السوفيتي كان منهكا بعد الحرب الضروس التي اكلت الاخضر واليابس ..

غير ان الغريب الملفت للنظر ان من اوائل مشاريع الاعمار القومية في روسيا عقب الحرب مباشرة كان بناء مرصد بلكوفو الفلكي الجديد .. Pulkovo Observatory وبعد الانتهاء منه بقليل نفذ مشروع المرصد الفيزيائي الفلكي الضخم في شبه جزيرة القرم ــ وهو حتى اليوم اكبر مرصد فيزيائي فلكي في العالم .

وفي الولايات المتحدة الامريكية كان مرقاب هيل (وقطر مرآته ٢٠٠ بوصة) في مرصد جبل بالومار Hale Telescope, Mt. Palomar Observatory جاهزا لاستعمال العلماء والفلكيين بعد انتهاء معارك الحرب العالمية الثانية بثلاث سنوات .. ثم بعد ذلك شيدت الولايات المتحدة الامريكية بسرعة اذهلت العالم مرصد قمة كيت الوطني في اريزونا .. Kitt Peak National Observatory.

ولم يكن الاهتمام بالفلك في بريطانيا بأقل منه في الاتحاد السوفيتي والولايات المتحدة ، بالرغم من ان وضع بريطانيا كان اسوأ من وضع الدولتين اقتصاديا ، فقد فاقت بريطانيا العالم في ميدان الفلك الراديوي وحقق علماؤها تطورات عظيمة هامة من خلال مرصد جودرل بانك المشهور Jodrell Bank .. ودعمت بريطانيا ذلك الاهتمام بالفلك البصري او الضوئي فأنشأت مرقاب اسحق نيوتن الجديد وهناك مشروع مرقاب بريطاني استرالي مشترك قطر مرآته ١٥٠ بوصة .

وفي كثير من الدول الاخرى انعكس هذا الاهتمام بالفلك ـ وبخاصة الفلك الجديد ـ على المنشورات العلمية .. فاذا تصفحت أي عدد من اية مجلة علمية اسبوعية من تلك الدول فان من المؤكد انتجد جزءا محسوسا فيها مخصصا للاكتشافات الجديدة في ميادين الفيزياء الكونية والفلك الجديد ، سواء أكانت هذه الابحاث نظرية بحتة ام علمية مستندة الى المشاهدات والملاحظة .

مثل هذا الاهتمام ينبعث من منطلقات ثلاثة :

الاول : ـ ان الانسان منذ ان وقف منتصب القامة وتحرر بصره من النظر الى الارض وهو يجول بناظريه في السماء مندهشا مراقبا ومدققا .. وقد توافق ان معظم مشاهدته ومراقبته للسماء كانت تتم ليلا مع كونه قليل العمل في الليل ... وكان من نتيجة هذا ان كان علم الفلك اول علم بدأ عند الانسان .

لا بل نلحظ انه لم تقم حضارة في الماضي الا وكان للفلك مكان بارز فيها .. كما تعرضت جميعالديانات السماوية للفلك بشكل رئيسي واضح وفي مواضع شتى .

وليس الاهتمام الذي نلحظه اليوم عند عمالقة الحضارة العلمية الحديثة الا استمرارا لذلك الاهتمام والدهشة اللذين نشآ مع الانسان .

والثاني : ــ أن أبحاث الفضاء وعمليات ارتياده حتمت على العلماء والفنيين ان يكون لديهم فهم عميق للفلك وتصور واضح لطبيعته وحقيقته . ومن هنا كان اشتراك عدد كبير من الفلكيين مع فريق علماء الفضاء .. ومن هنا كان اعتماد الاخيرين علــى الدراسات والابحاث الفلكيــة الحديثة وكذلك الافادة من عمليات ارتياد الفضــاء في اجــراء الدراسات وعمليات الرصد من خارج نطـاق الغلاف الجوي الارضي ومن على القمر ومن المركبات الفضائية المختلفة . ومن هنا أيضا كان ما تحتم على رواد الفضاء من المام عميق دقيق بعلم الفلك ــ حتى ان بعضهم يحمل شهادة جامعية في هذا العلم .

والثالث : ــ أن من طبيعة العلم انه لا يتوقف عند حد في دراسة الظواهر الطبيعية . ولذا كان طبيعيا ان يستكمل العلماء دراسة بيئة الانسان وظواهرها بدراســة الكون الذي هو البيئة الكبرى .. والمعروف انه لا يمكن لبيئة ما ، صغرت أم كبرت ، أن تكون بمعزل عن البيئات الاخرى التي تحتويها أو تكون ضمنها أو بجوارها . ولذا كان فهم الكــون أمرا أساســيا لفهم الحيــاة على الارض ومستقبلها .

كما أن أبحاث اينشتين ونظريته النسبية فتحت آفاقا جديدة والقت أضواء لم تكن من قبل على طبيعة الكون ومفهومه . ولعل من اهم الآفاق الجديدة التخيل الرياضي للكون . وفي هذا يتابع العلماء الرياضيون تصور ما يمكن أن يكون عليه الكون مستخدمين المعادلات والمفاهيم الرياضية ومنطلقين مما يتجمع لديهم من ظواهر ومشاهدات فعلية . اي انهم في هذا المنحى لا يستخدمون سوى القلم والقرطاس والاسس الرياضية ، تاركين للفلكيين المراقبة والمشاهدة والتجربة لاثبات أو عدم اثبات فرضياتهم النظرية .

وقد أدت جميع هذه الدراسات ، النظرية منها والعملية الى تجمع عدد كبير من الحقائق والفرضيات العلمية أمكن أن تقسم الى أنظمة علمية جديدة لم تكن من قبل ... فمثلا نشأ فرع من الفيزياء عرف بالفيزياء الكونية ، كما نشأ فرع من الجيولوجيا هو الجيولوجيا الفلكية .. وفوق هذا وذاك نشأ علم الفلك الجديد الذي عرف باسم علم الكون Cosmology .

وهذا العلم الجديد المعاصر هو ما أحببنا أن نقدم عنه تعريفا مبسطا لشبابنا وقراء العربية ، لعل في ذلك استثارة لاهتمام بعضهم فيدرسونه بعمق ويعيدون للعرب مكانتهم في ميدان علم الفلك وهو ميدان مليء بالغموض والدهشة والمفاجآت ، ويقول الاستاذ و. هـ. ماكريا « انه لمن المثير حقا أن يكون الانسان ، في عصرنا هذا ، فيزيائيا أو عالما فلكيا » .

علم الكون

وحتى نفهم علم الكون الجديد يتعين علينا أن نعرف بدقة موقع الانسان من هذا الكون وعلاقته به .

فالارض « الشاسعة الواسعة » موطن الانسان وبيئته ليست في حقيقة الامر الا كوكبا سيارا صغيرا من تسعة كواكب تدور حول نجم الشمس وهناك بلايين الشموس أو النجوم في مجرتنا التي هي واحدة من بلايين المجرات مثيلاتها في كون فسيح الى حد يصعب تصوره وتخيل مداه .

وقد كان الانسان في دراسته للافلاك في الماضي يستخدم مفاهيم عرفها واستخدمها بنجاح على الارض .. ومن هذه المفاهيم الحجم والمسافات والكتل والجاذبية والخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة وتركيب المادة في أسسه الذرية .

ولعل سر جمود علم الفلك قديما كان في الخطأ الذي ارتكبه الانسان في محاولة فهم الكون بمفاهيم الانسان الارضية ومعاييره التي استخدمها في حياته ، بل وبحواسه نفسها .

والانسان معذور في ذلك فحجمه وكتلته مرتبطان ارتباطا وثيقا بحجم الارض وجاذبيتها وكذلك ترتبط قوته بالجاذبية الارضية .. وتبعا لهذا كانت جميع نشاطاته ذات ارتباط ونسبة رياضية الى كتلة الارض وجاذبيتها .. فأدواته التي استعملها كامتداد لاعضائه كان لا بد أن تكون من حجم معين .. وبناياته التي ابتناها لسكناه كان لا بد أن تكون ذى علاقة بحجمه هو .. وحتى حركته على الارض ارتبطت بنسبة ثابتة بجاذبية الارض (حتى اذا ما تحرك على سطح القمر مثلا كانت حركته مضطربة غير ما تعود عليه في الارض ، وذلك لاختلاف الجاذبية) .

وعلى ذلك فان امكان وجود قرد ضخم بحجم كنج كونج (الذي ابتدعه في السينما خيال الكتاب) مستحيل على كوكب الارض والسبب في ذلك أن وزن الحيوان يحمل بوساطة عظام الاطراف . فالوزن الذي يحمله عظم من عظام الاطراف يقرره مبلغ قوة الضغط التي يتحملها ذلك العظم . وهذا بدوره يقرر مساحة مقطع العظم ، وبالتالي وزن العظم . ولما كان وزن الحيوان يتناسب مع مكعب أبعاده الطولية ، بينما مساحة مقطع العظم تتناسب مع مربع قطرها ، فان من الطبيعي ان يكون للحيوانات الكبيرة أرجل اثخن واضخم من الحيوانات الصغيرة . وعلى ذلك فان كنج كونج الذي زيد حجمه ١٠٠ مرة عن الغوريلا العادية يصبح مليون مرة اثقل من وزن الغوريلا المعتاد (أي مكعب ١٠٠) ولكن أرجله لن تكون الا عشرة آلاف مرة أقوى من المعتاد . ولذا فلا بد من أن تتحطم أرجله تحت ضغط ثقله وينهار . وسيزيد في سرعة ذلك أن العظام عادة تتعرض لضغوط اخرى ، غير الثقل بفعل الجاذبية ، كالثني واللي اثناء الحركة .. كما لا بد أن نتعرض هنا الى نقطة هامة أخرى وهي حجم القلب .. فالقلب عادة يكون حجمه أقل من

قدرته على دفع الدم الى جميع انحاء الجسم .. ويعتمد القلب لاتمام ذلك على مطاطية الشرايين ومرونتها .. وزيادة كيلو جرام واحد في الوزن يحتم نمو اوعية دموية جديدة بطول كيلو مترات عديدة (وهذا يولد ضغطا اضافيا على القلب ولعله السبب الرئيسي في أن الطب الحديث يعتبر السمنة علة خطرة) ... وعلى ذلك فلو زاد حجم كنج كونج ١٠٠ مرة فهذا يعني أن القلب قد زاد حجما ١٠٠ مرة ولكن وزن الجسم زاد مليون مرة وهذا يوقع القلب تحت ضغط لا قبل له به ولن يمكن للدم ان يصل الى كل الانسجة مهما كانت مطاطية الشرايين .

واسمح لنفسي في هذا المجال باستطراد بسيط لاقول بانني ارى ، خلافا لما يراه بعض علماء الاحياء ، ان بوسع الحشرات أن تزداد حجما مائة مرة .. ذلك أن الاسباب التي ذكرت آنفا بشأن كنج كونج لا تنطبق على الحشرات . فالحشرات لا عظام فيها (اي ليس لها هيكل عظمي داخلي يتحمل ثقلها) . وقلبها ليس مضخة مركزية واحدة بل لها قلب في كل حلقة من حلقات جسمها وهذه القلوب متصلة ببعضها ولكنها تعمل بالتتابع وكل قلب مختص بحلقته ، كما أن قوة الحشرات كبيرة جدا اذا قيست بقوة القردة او الانسان ... وسبب ذلك معروف من نظام دمها المفتوح وامكان وصول الهواء الجوي الى الانسجة مباشرة مما يسمح لها بالافادة من كل الاكسجين الموجود في الهواء (حوالي ٢١٪) بينما الانسان مثلا يستفيد من نسبة تبلغ حوالي ٥٪ من أكسجين الهواء المتنفس . والاكسجين كما نعلم هو الذي يؤكسد الغذاء لانتاج الطاقة . ولو كانت للانسان قوة الحشرات لاستطاع أن يقفز كيلومترا على الاقل في قفزة واحدة . ومثل هذا ، لو كان ، يغير كثيرا من علاقات الانسان بسكنه ومدنه ومجتمعه وآلاته وادواته الخ ..

لقد ذكرنا كل هذا لايضاح مدى ارتباط حجم الانسان ووزنه بحجم الارض وجاذبيتها وأن هذا الارتباط يتعدى الحجم بذاته الى التأثير في ادراك المفاهيم وصنع الادوات واعتماد المقاييس والمعايير .

كما نود ان نذكر انه من المفروض ضمن حدود معينة للجاذبية (في اي كوكب فيه حياة) أن يكون للحيوان هناك حجم امثل وكتلة مثلى .. وهناك سبب قوي يحمل على الاعتقاد بأن الانسان هو الامثل (حجما وكتلة) بالنسبة للجاذبية الارضية .

صعوبات دراسة علم الكون الجديد

يقول عدد من العلماء بأن الفيزياء المخبرية كما نعرفها على الارض مملة لان مفاهيمها تتشكل وتؤخذ قياساتها باستعمال انظمة مادية ذات حجم عادي . ونعني بالحجم العادي المتناسب مع حجم الانسان وقدرته على تداولها . كما ان قطع المادة التي يتداولها الانسان في الفيزياء المخبرية خاملة بالقدر الذي تكون به اية مادة على الارض خاملة . وكذلك نستعمل تشبيهات ، لتقريب الفكرة الى اذهاننا ، تكون مستقاة من الامور العادية من حولنا .

واذا كانت الفيزياء المخبرية لهذه الاسباب مملة فان من الطبيعي ان تكون الفيزياء الكونية صعبة وصعبة جدا لاختلاف المعايير والاسس التي درجنا عليها والتي بها نستطيع تصور مفهوم او ادراكه . واستطرد مع ذلك لا بد أن تكون الفيزياء الذرية ايضا صعبة وان لم تكن بدرجة صعوبة الفيزياء الكونية ..

ولناخذ امثلة توضح ذلك :

فالمتر مقياس انساني ارضي جيد ولو قسمناه الى مائة قسم ينتج عندنا السنتيمتر الذي هو مقياس مخبري نموذجي ... فلو قسمنا السنتيمتر على $١٠^{٨}$ (مائة مليون) حصلنا على قطر نموذجي للذرة .. ولو ضربنا السنتيمتر في نفس العدد $١٠^{٨}$ (مائة مليون) لحصلنا على قطر القمر . ولو ضربنا قطر القمر بنفس العدد (مائة مليون) فاننا نحصل على حوالي قطر النظام الشمسي .. ومرة اخرى لو ضربنا قطر النظام الشمسي بنفس هذا العدد لوصلنا الى ما يقارب بعد السحب الماجلانية ـ وهي أقرب جار كوني لمجرتنا ..

وكذلك يعتبر كيلو جرام مقياسا انسانيا ارضيا ممتازا ، ولو قسمناه على الف نحصل على الجرام الذي هو مقيـاس مخبري نموذجي .. فلو قسمنا الجرام على 10^{23} (اي واحد وامامه ثلاثة وعشرون صفرا) فاننا نحصل على كتلة ذرية نموذجية . ولو بدلا من ذلك ، ضربناه بنفس العدد،نحصل على ما يقارب كتلة أصغر قمر طبيعي في النظام الشمسي .. فاذا ضربنا الناتج هذا بنفس العدد مرة أخرى نحصل على ما يقارب كتلة مجموعتنا المحلية من المجرات .

وهكذا يجد المرء نفسه في اتجاهه نحو الفيزياء الذرية يتعامل مع مقاييس وكتل متناهية في الصغر بالنسبة لما يعهد عادة وبالمقابل يجد نفسه في اتجاهه نحو الفيزياء الكونية يتعامل مع مقاييس وكتل متناهية في الكبر والضخامة ... وواضح من المثال المسوق اننا بانتقالنا من الفيزياء العادية الى الفيزياء الكونية نمر عبر تغير في المقياس اكبر كثيرا جدا من التغير في المقياس الذي نصادفه بانتقالنا في الاتجاه المضاد ـ اي من الفيزياء العادية الى الفيزياء الذرية .

والانسان الذي يدرس الكون مضطر لتغيير قيمه ومقاييسه الى هذه الحجوم والكتل الهائلة التي لا يستطيع أن يجد لها تشبيها معقولا يساعده على تصورها وفهمها .

ثم هناك أمر المسافات والابعاد .. ان مجرد القول بأن السنة الضوئية (1) هي وحدة مسافة في الكون أمر مرعب بالنسبة لانسان الارض .. ويزداد الامر سوءا عندما نرى مسافات في الكون تقاس ببلايين السنوات الضوئية .. أضف الى ذلك ان شعور علماء الكون، بأن كل مظهر يرصدونه ويرونه في الوقت الحاضر وكأنه يحدث امامهم قد حدث فعلا وتم وانتهى قبل سنوات قد تبلغ الملايين عدا ، انما هو شعور ، أقل ما يقال فيه ، انه مثير للنفس .

---

(1) يسير الضوء مسافة ٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر في الثانية الواحدة والسنة الضوئية هي المسافة التي يسيرها الضوء في سنة كاملة .

الكون المجهول

الكون .. بحر أبدي .. لانهائي .. تبحر فيه اعداد هائلة من النجوم .. والكواكب ..

بعضها له سرعة الشهب .. والاخرى تتحرك في جلال .. وخـلود ..

وحتى نتمكن من الدخول الى هذا العالم العلوي .. غير المنظور ..

يجب أن نفتح عقولنا حتى تتسع .. لكل ما لم نكن نصدقه من قبل ..

أعداد هائلة .. مجموعات خيالية ومتنوعة من الاجرام السماوية ..

اتساع لا حدود له للدوامة الكونية ..

يجب ان ننسى السرعات والمسافات المألوفة لنا في حياتنا الارضية ..

علينا أن نلقي بثوانينا .. وسنواتنا وحتى بأعمارنا كلها .. كوحدات لقياس السرعة والزمن ..

يجب أن نفكر بدلالة عشرة آلاف مليون عام .. وهو عمر الكون ..

نفكر بمقياس اللانهاية .. كعمق الكون ..

علينا أن نسمح لافكارنا أن تتعلق بشعاع الشمس الباهر .. أو بضوء نجم متألق .. يبعد عنا بملايين من الاميال ..

على أفكارنا أن تمر بسرعة الضوء الهائلة ..

عليها أن تبحر .. وتسافر .. وتنطلق .. لتصل الى المدى الذي لم تبلغه العين البشرية من قبل ..

فاذا سمحنا لعقولنا .. لخيالنا أن ينطلق بلا حدود .. فاننا عندئذ نبدأ في تصور لجزء من المشهد المجسم .. الرائع . بالغ الروعة .. الذي نطلق عليه الكون ..

فمهما ترنمنا بكلمات تعزف على قيثارة الغموض ..

ومهما دخلنا في تفسيرات للمجهول .. تتعالى هائمة بين النجوم والمجرات ..

كل هذا يتبدد تحت ضوء الايمان المنبثق .. من عظمة الكون .. وروعته ..

ويخضع العقل الانساني للقدرة الالهية .. كلما تطلع الى السماء ..

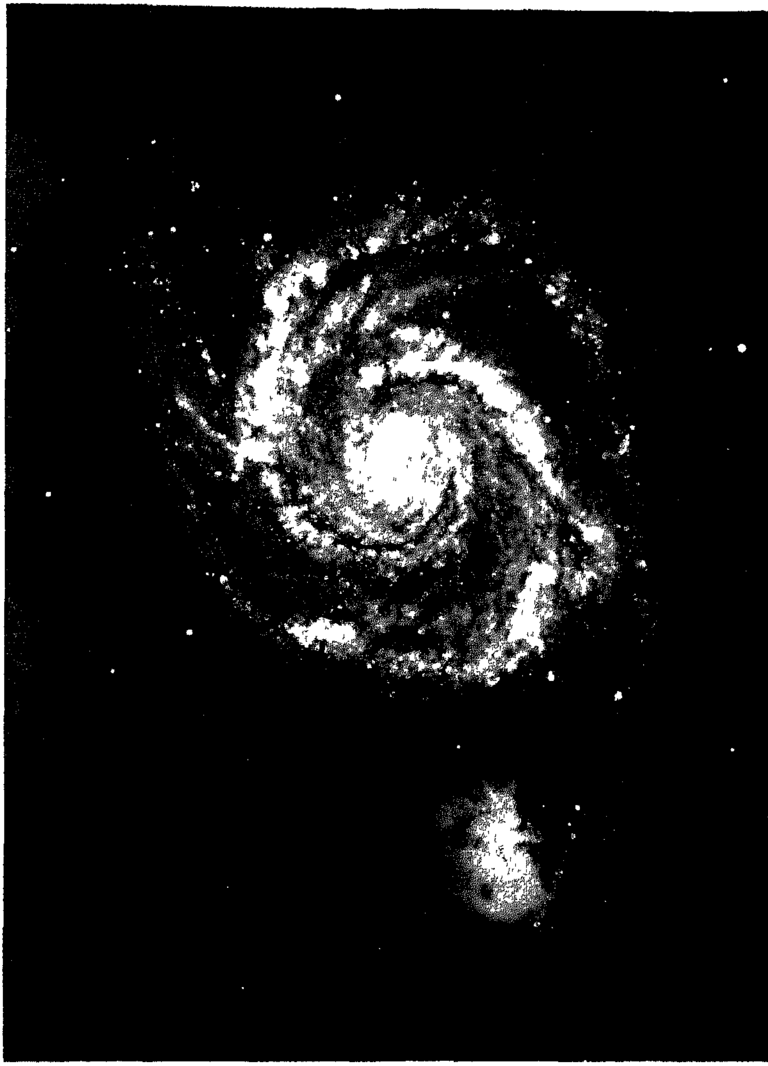
ويستسلم تماما في خشوع .. وايمان .. لذلك النظام والتنسيق المتكامل ..

وللاسرار التي تهبط الينا في تؤدة .. وحكمة خالدة ..

رؤوف وصفي

الباب الأول

هذا الكون الغامض



(شكل ـ ١)

١
علم الفلك قديماً وحديثاً

قراءة قديمة للكون

ان قصة الكون تمتد الى ما وراء حدود ابصارنا وتجرى احداثها ببطء شديد ، حتى أن تاريخ البشرية كلها ـ على ما يبدو لنا من طوله ـ يعد برهة قصيرة من مقاييس الزمن الكوني ، لا تكاد تكفي لاستحداث أي تغير ملحوظ في تلك القصة الخالدة .

وعلم الكون Cosmology حقل مليء بالاسرار الغامضة ، وهو مجال بحث يشمل الكون كله من كواكب ونجوم حتى بلايين المجرات التي تسبح في الفضاء حولنا .

ولسنا ندري على وجه التحديد في أي عصر من عصور التاريخ، كانت بداية الاهتمام بعلم الفلك ، ولعل تلك البداية كانت عندما تطلع الانسان القديم الى السماء ليلا بدهشة وبدأ يتأمل ما يرى ويراقبه ليلة بعد ليلة . وقبل أن يخترع الانسان الكتابة ، كان قد اطلق الاسماء على الاجرام السماوية ، وقبل ان يعرف روعة الايمان انحنى لصور رسمها للشمس والقمر .

ولا شك أن علم الفلك كان معروفا قبل الميلاد بآلاف السنين يشهد بذلك ما تركه البابليون وقدماء المصريين وغيرهم من آثار سجلت ظواهر فلكية معينة ، أو تم تشييدها على أساس من الارصاد الفلكية الدقيقة . فقد قسم المصريون القدماء سنتهم الزراعية الى ثلاثة فصول ، واتخذوا الوقت الذي يكون فيه نجم الشعري اليمانية في موقع معين في شرق السماء بداية لتلك السنة . فعندما يظهر هذا النجم ،كان معنى ذلك اقتراب وقت

فيضان النيل ، كما انهم عمدوا الى نحت بواطن الجبال ليقيموا بداخلها معابد ومدافن ، اتخذوا في عمارتها ونحتها شروطا فلكية ، كسقوط شعاع الشمس على جبهة المتوفي في أوقات محددة ، أو ظهور نجم معين في يوم من السنة خلال فجوة في سقف المقبرة .

ومنذ العصور الاولى قام الكهنة بتعيين منطقة البروج Zodiac وهي النطاق الذي توجد فيه الشمس والقمر والكواكب دائما ، والشمس « تسير » في منتصف هذا النطاق على خط يسمى دائرة البروج Ecliptic ، وهذا النطاق يلتف حول السماء كلها ويقسم الى اثنى عشر برجا Signs of Zodiac نعرفها معرفة وثيقة عن طريق التنجيم .

اما الرعاة فيما بين دجلة والفرات فقد كانوا يرون أن الارض مسطح يتناهى وراء الافق ، اما فوق رؤوسهم فقد كانت تترامى القبة الفلكية والفضاء اللانهائي . وقد صورت لهم مخيلتهم أن مجموعات بعض النجوم قد اتخذت شكل الراعي Bootes الذي يقود أمامه قطيعا ، ورأوا ان النجوم تدور حول النجم القطبي Polaris في مدى اربع وعشرين ساعة ، وأن الصياد الاكبر Orion يشرق من الشرق ويذرع السماء قبل أن يغيب في الغرب . أما الكواكب السيارة الخمس — التي كانت معروفة في ذلك الوقت — فقد كانت أغناما جوالة تدب ببطء بين النجوم ، وليس لها صورة تثبت على حال .

لا ريب ان الكثير من كتب القدماء فقدت ومنها كتب علم الفلك، فصارت افكارهم تصل الينا عن طريق الحكايات والاساطير . واشهر الكتب التي وصلت الينا هي كتاب بطليموس المسمى (المجسطي) ، واما قبل ذلك فلدينا موسوعة ارسطوطاليس وآراء أفلاطون الفلسفية .

ويعتبر طاليس من أوائل من نعرف من الفلاسفة الذين تكلموا في علم الفلك ، واليه ينسب التنبؤ بكسوف الشمس الذي حدث عام

٥٨٥ قبل الميلاد ، كما قام بقياس قطر الشمس الزاوي Angular Diameter فوجده جزءا من ستين جزء من البرج اي نصف درجة .

وجاء اناكسيماندر ـ مساعد طاليس ـ بنظريات غريبة عن القبةالفلكية، فكان يراها جسماصلبا فيه ثقوب ترى منها النار المتأججة خلفها ، فيخيل للرائي انها النجوم والشمس والقمر ، ولنأخذ مثالا على منطق ارسطوطاليس ـ تلميذ افلاطون ـ في كيفية اثبات كروية الارض . ان القمر مقابل للشمس عند الخسوف الكلي ، فالاظلام بناء على ذلك ناتج عن ظل الارض ، وللظل دائما حافة مستديرة مهما كان موضع البدر ، فالارض اذن هي ذات الشكل المستدير اي انها كروية .

واهتم علماء الاغريق بالشمس وتوابعها ، الا أن تطور مفاهيمهم كان بطيئا ، وقد استرعى انتباههم أن بعض النجوم تزيد لمعانا عن الاخرى وقد وصفوا هذه الفروق وصفا دقيقا . وقسموا النجوم بناء على ذلك الى ستة اقدار Magnitudes ، وتم تصنيف ألمع نجوم السماء من القدر الاول وذات اللمعان المتوسط من القدر الثاني والتي يقل لمعانها عن ذلك من القدر الثالث ، وفي الطرف الاخر من الجدول وضعت النجوم التي لا تكاد ترى بالعين المجردة في القدر السادس .

ان لمعان النجم ، كما تراه العين البشرية ، لا يعتمد كثيرا على لمعانه الحقيقي بقدر ما يعتمد على بعده عنا ، ومقدار لمعان النجم بالنسبة للعين المجردة يسمى بالقدر الظاهري ، وهذا يأخذ في الاعتبار اللمعان الذي يظهر عليه النجم فقط وليس لمعانه الحقيقي .

وقد كان الفلكي الاغريقي هيبارخوس (عام ١٥٠ قبل الميلاد) هو اول من حاول تقسيم الاقدار الظاهرية للنجوم ، ففي مصنف يضم اكثر من ١٠٠٠ نجم ، اتخذ هيبارخوس لالمع نجم القدر الاول ومد مقياس الاقدار حتى القدر السادس وبقي هذا النظام في تقسيم اللمعان سائدا ، حتى تم ادخال المناظير الفلكية القوية جدا والالواح

الفوتوغرافية شديدة الحساسية ، ليتمكن العلماء من اكتشاف نجوم أكثر خفوتا حتى وصل اخفت نجم يمكن تصويره الى القدر الثالث والعشرين .

ورسم أيضا علماء الاغريق صورة اخرى للسماء في محاولة منهم لتفسير تحركات الاجرام السماوية واوضحت هذه الصورة ، التي اكملها الفلكي بطليموس (سنة ١٤٠ ميلادية) ، واطلق عليها نظام بطليموس Ptolemaic ، أن الشمس والقمر والكواكب السيارة تدور حول الارض في مسارات معقدة ، وان الارض هي مركز الكون وظلت هذه النظرية سائدة ١٦ قرنا من الزمن .

وفي نظام بطليموس تتحرك الاجرام السماوية كلها ما عدا الارض . فكوكب المريخ مثلا يتحرك حول دائرة صغيرة هي الفلك الدائر الذي يتحرك مركزه ايضا في مدار اخر حول الارض ، والمريخ يستغرق سنة لكي يدور مرة حول الفلك الدائر ، و ٦٨٧ يوما ليدور في المدار الرئيسي حول الارض ، اما الزهرة وعطارد ــ الكوكبان الواقعان ما بين الارض والشمس ــ فيتحركان بشكل اخر ، فمركز الفلك الدائر لكل منهما قائم على خط مرسوم بين الارض والشمس، وكل منهما يدور حول الفلك الدائر في اقل من سنة وازدواج الحركتين يصنع التواء حلقيا ولهذا يتحرك الكوكبان حركة عكسية عندما يكونان في أقرب وضع لهما من الارض .

أما الشمس والقمر فيتحركان في افلاك دائرية صغيرة ، انما في اتجاه معاكس لاتجاهات الكواكب كلها ، وبهذا النظام امكن لبطليموس أن يتنبأ بمواضع الكواكب والاجرام السماوية الاخرى بدقة كبيرة، ولكنه ارتكب خطأ بافتراضه ان الارض هي مركز الكون .

العرب .. والفلك

لم يكن لدى عرب الجاهلية دراسات منتظمة في علم الفلك ، ولا ارصاد مبنية على أساس الاجهزة العلمية ، بل ان معلوماتهم في

هذا الشأن كانت لا تخرج عن رغبتهم في الاسترشاد بالنجوم في الصحراء لتحديد اتجاه سيرهم خوفا من تعرضهم للهلاك في مجاهلها، هذا بالاضافة الى طبيعة حياتهم في الخلاء وجلوسهم امام خيامهم في الليل ، مما دفعهم الى امعان النظر الدائم في النجوم والكواكب واختيار اسماء لها كالشعري اليمانية . وكان القمر أكثر الاجرام السماوية جذبا لانتباههم بسبب ذلك التغير الدوري المنتظم في اوجهه من النقصان والزيادة ، كما انه اثار الدهشة لتغير مواقعه في السماء بين النجوم وعودته الى مكانه الاول ، كل حوالي ثمانية وعشرين يوما يقطع فيها دائرة سماوية كاملة .

وقد قسم العرب في الجاهلية تلك الدائرة الى ثمانية وعشرين قسما ، يحل القمر في كل منها يوما كاملا او كما يظهر للراصد في كل قسم .. فهو في هذا اشبه بالمسافر كلما جن عليه الليل هرع الى منزله للمبيت فيه حتى الصباح ، ولذا اطلقوا على تلك الاقسام اسم (منازل القمر) .

ظل حال الفلك عند العرب كما ذكرنا حتى ظهر الاسلام ، وبعد ذلك كان اهتمام الخلفاء موجها للفتوحات الجديدة وتثبيت دعائم الحكم أكثر من قرن ، وان كان بعضهم قد ابدى اهتماما بالعلوم ، الا أن ذلك اقتصر على الطب والتنجيم كما حدث أيام الدولة الاموية . ومنذ بداية حكم العباسيين بدأ تطور شامل في نهضة العرب العلمية، وكانت تلك النهضة من القوة الى درجة ان اصبحت اللغة العربية لغة علمية دولية ، على كل راغب في متابعة احدث التطورات والابحاث العلمية دراستها واتقانها . فعندما تولى الحكم الخليفة ابو جعفر المنصور (٧٥٤ ـ ٧٧٥ ميلادية) ، رأى ان ينقل مقر الحكم الى عاصمة جديدة بدلا من مدينة الانبار على نهر الفرات ، فاختار لذلك موقع مدينة بغداد التي اصبحت فيما بعد اكبر مركز علمي يسعى اليه طلاب المعرفة .

وقد عرف الخليفة المنصور بتشجيع العلم وحبه له ، فالتفت الى بناء نهضة علمية شاملة وكان السبيل الى ذلك هو الافادة مما

وصلت اليه الحضارات الاخرى ، فجمع حوله عددا كبيرا من العلماء الذين أخذوا يترجمون كل ما يقع تحت أيديهم من المراجع الاجنبية العلمية ، وكان من اهمها مرجع هام في علم الفلك اسمه (السدهانت) حرفه العرب فيما بعد الى (السندهند) ، الذي اصبح بعد أن تمت ترجمته ، نبراسا يسير على هديه علماء الفلك العرب مدة نصف قرن من الزمن .

و (السندهند) ليس كتابا واحدا ، بل هو في الحقيقة خمسة مؤلفات منفصلة من أوائل ما كتب علماء الفلك في الهند ، ومن العلماء العرب الذين قاموا بترجمة (السند هند) واهتموا بعلم الفلك ، ابراهيم الفزاري الذي اتجه ايضا الى العناية بأجهزة الرصد فقام بصنع أول جهاز ليستعمله العرب لتحديد ارتفاع النجوم والكواكب لاستنتاج الوقت وخط العرض ، والمسمى الاسطرلاب كما كتب عدة مؤلفات فلكية اهمها كتاب (العمل بالاسطرلاب لمسطح) . وكلمة (الاسطرلاب) ، قال عنها بعض المؤرخين انها ماخوذة عن الكلمة الفارسية (اشتاره ياب) ، وذكر آخرون أنها كلمة يونانية أصلها (اسطرليون) ، والمعنى في كلتا الحالتين هو متتبع النجوم .

وفي عهد الخليفة المأمون ، تم في بغداد انشاء اكاديمية علمية اطلق عليها (بيت الحكمة) ، والحقت بها مكتبة ضخمة ومرصد تم بناؤه تحت اشراف سند بن علي رئيس الفلكيين في ذلك الوقت ، وقد عزز هذا المرصد بأجهزة فلكية دقيقة واجتمع فيه حشد من كبار علماء الفلك ، دأبوا على تسجيل ارصاد لمختلف الظواهر الفلكية بصفة مستمرة ، وذلك لاول مرة في تاريخ علم الفلك ، وكانت تلك الارصاد تؤخذ بطريقة علمية وتسجل في مؤلفات عديدة .

وكان من اشهر الراصدين في ذلك الوقت ، أحمد بن عبد الله المروذي الشهير بالحاسب ، وقد اطلق عليه هذا اللقب من اجل مؤلفاته المبنية على الحسابات الفلكية ، كما انه أول من أدخل طريقة تحديد الوقت اثناء النهار ، برصد ارتفاع الشمس عند الافق ،

وهي الطريقة التي تبناها من بعده علماء العرب في أعمالهم الفلكية . وهناك أيضا فلكي شهير في عهد الخليفة المأمون هو ابو العباس أحمد بن الفرغاني ، الذي ذاع صيته لتعدد الدراسات التي قام بها ، والمؤلفات الكثيرة التي وضعها في علم الفلك وبخاصة كتاب (الحركات السماوية وجوامع علم النجوم) ، الذي ترجم الى اللاتينية وصار احد المراجع الهامة التي اعتمدت عليها دراسات علم الفلك في اوروبا في القرنين الخامس عشر والسادس عشر .

وتلا هؤلاء العديد من علماء الفلك العرب مثل ابي عبد الله محمد بن عيسى المهاني ، الذي كان من أدق الراصدين العمليين وبخاصة في ظواهر الخسوف واقترانات الكواكب .

وايضا ابو الحسين عبد الرحمن بن عمر الصوفي ، احد كبار الفلكيين العرب الذين دفعوا عجلة النهضة الفلكية الى الامام ، ويشهد بذلك كتابه الشهير (صور الكواكب الثابتة) الذي وضعه على أساس الارصاد الدقيقة لمواضع النجوم المختلفة ، وقياس مقدار لمعانها ثم توزيعها على المجموعات النجمية في رسم دقيق لكل مجموعة مصورا مواضع نجومها بالنسبة لبعضها البعض ، وتلا ذلك جدول تفصيلي اثبت فيه أرقام تلك النجوم أو أسماءها التي اشتهرت بها الى جانب نتائج ارصاده التي اجراها عليها من مختلف الوجوه ، أما العالم الفلكي المعروف ابو الريحان البيروني ، فقد اضاف الكثير من معلوماته الفلكية في كتابه (القانون المسعودي) .

لقد كان الاعتقاد السائد عند علماء الفلك العرب ان الكون (جسم كروي متناه في حواشيه ، بعضه ساكن في جوفه وما حول هذه الساكنات في اطرافه ، فهو متحرك حركات مستديرة مكانية حول الوسط الذي هو حقيقة السفل ومركز الارض) ، ويقصدون بذلك أن الفضاء عبارة عن (مادة) متخذة شكلا كرويا ، والجزء الداخلي من هذه الكرة ساكن لا يتحرك ، بينما باقيها يدور حول نفسه دون أن يتحرك من مكانه الى مكان اخر ، بينما الارض موجودة في الوسط بحيث ينطبق مركزها على مركز الكون . وكان علماء

الفلك العرب يرون أن الجزء المتحرك من الكون ، وهو ما سموه بالاثير ، هو ما توجد فيه النجوم والكواكب السبعة المعروفة آنذاك . اما الجزء الساكن فيحتوي على الارض في الوسط ، وقسموا الجزء المتحرك الى ثماني حلقات يختص كل كوكب بحلقة منها لا يتجاوزها ولكنه يتحرك في حدودها ، اما الكرة الثامنة فهي التي تحتوي على النجوم .

ولو نظرنا الى ما أسموه بالكواكب السبعة (من القمر الى زحل) لوجدنا أن الشمس ـ وقد اعتبروها كوكبا ـ تقع في وسطها ، ولذلك أطلق على الكواكب الثلاثة الداخلية (القمر وعطارد والزهرة) الكواكب السفلية ، بينما أطلق اسم الكواكب العلوية على (المريخ والمشترى وزحل) .

ويرجع السبب في تسمية النجوم بالكواكب الثابتة ، هو أن أوضاعها بالنسبة لبعضها بعضا ثابت لا يتغير بمرور الايام ، بينما للكواكب الاخرى حركات سريعة سواء بالنسبة لبعضها بعضا أو بالنسبة للنجوم . وهم في هذا التقسيم اعتبروا كل ما هو متحرك بالنسبة للنجوم كوكبا ، فاستبعدوا من ذلك كوكب الارض لانهم لم يلمسوا حركتها في الفضاء سواء بالدليل الحسي أو العلمي ، بينما ادخلوا الشمس والقمر في مجموعة الكواكب على هذا الاساس .

وقد أطلق العرب على مجموعة النجوم اسم (الكوكبة) Constellation مثل كوكبة الدب الاصغر وكوكبة الدب الاكبر والجاثي والدجاجة وذات الكرسي .. الخ .

وتقسيم النجوم الى كوكبات ، لم يمنع علماء الفلك العرب من اختيار أسماء خاصة لاكثر النجوم لمعانا في السماء ، وقد انتقلت بعض الاسماء العربية الى اللغات الاجنبية وظلت مستخدمة كما هي حتى الوقت الحاضر مثل الطائر Altair وابط الجوزاء Betelguese وفم الحوت Fom Al Hout والغول Algol والرجل Rigel

وفي العصر الفاطمي ، برز عبد الرحمن بن يونس المصري كأحد الفلكيين المشهورين ، وقد رصد ابن يونس كسوف الشمس وخسوف القمر في القاهرة عام ٩٧٨ ميلادية ، وهو ايضا الذي اخترع البندول وبذلك يكون قد سبق جاليليو بعدة قرون . أما القزويني ــ فالى جانب اشتغاله بالقضاء ــ فقد كان معنيا بالتأليف في علم الفلك وقسم الكون الى علوي وسفلي ، وقد عنى بالعلوي كل ما يتعلق بالسماء من كواكب وبروج ومدارات ومجرات والشمس والقمر ، كما تحدث عن كواكب الزهرة والمريخ والمشتري وعطارد وزحل وربط بين حركتي المد والجزر وتحركات القمر .

ثورة كوبرنيكوس العلمية

تمكن اربعة علماء فلك اوروبيين ، عاشوا في القرن السادس عشر والسابع عشر من تقويض فكرة بطليموس القائلة بأن الارض مركز الكون .

ففي سنة ١٥٤٣ قلب الفلكي نيقولا كوبرنيكوس (١٤٧٣ــ ١٥٤٣ ميلادية) ، هذه النظرية راسا على عقب حين قال في كتابه (دوران الاجسام السماوية) ، أن الشمس يجب أن تكون مركزا لكل شيء ، حتى تتمكن من أن تمد سائر الكواكب السيارة بالضوء . وعندما جرب بعض علماء الفلك الانجليز والالمان بشكل خاص ، أن يعتنقوا فرضيات كوبرنيكوس ، وحسبوا مواضع الكواكب بناء على نظريته وجدوا من الناحية العملية ان نظام كوبرنيكوس Copernican System اسهل استخداما من نظام بطليموس ، ويعطي تنبؤات اكثر دقة ، برغم أن كوبرنيكوس قد افترض خطأ أن الكواكب السيارة تتبع في حركات مدارات دائرية تماما .

وحيث أن كل نظرية علمية يجب ان تخضع لتجارب عديدة وقياسات ارصاد كثيرة باستمرار ، الا ان كوبرنيكوس عندما توفي في عام ١٥٤٣ ، لم يترك سوى سبعة وعشرين رصدا بدلا من الآلاف اللازمة لذلك ، ومع هذا فكانت نظريته عن مركزية الشمس ادق واوضح مما سبقها .

ولقد قدر لاعمال الفلكي الدانمركي تايخو براهي (١٥٤١ – ١٦٠١ ميلادية) ، ان تؤدي دورا حيويا في اثبات نظرية كوبرنيكوس، فقد ولد براهي بشخصية تنسجم انسجاما وثيقا مع تنظيم الارصاد الفلكية ، فقد كان ابن نبيل دانمركي على درجة كبيرة من الثقافة العلمية كما كانت له طاقة بلا حدود على العمل .

وقد حدثت سلسلة من الاحداث الغريبة ، جاءت بتايخو براهي الى علم الفلك ، ففي الثالثة عشر من عمره راى كسوفا جزئيا للشمس فاثر في نفسه ابلغ الاثر . كما راعه ان راى في السماء انفجارا هائلا لنجم (سوبرنوفا) ، وهذا الحدث نادر جدا في حياة البشرية ، فاخذ يقيس بعد هذا النجم من عدة مدن ، كما انه صمم اجهزة فلكية اكبر واكثر اتقانا من الناحية الهندسية والعلمية، تفوق اية اجهزة اخرى سبق استخدامها في اي وقت من الاوقات .

وقد بنى براهي مرصدا فريدا في عام ١٥٧٦ ميلادية اطلق عليه (يورانيبرج) ومعناه (قلعة السماء) ، وقد اخذ ومعاونوه بقياس مواضع النجوم والكواكب في السماء مدة تزيد على عشرين سنة ، جامعين البيانات اللازمة لرصد الاجرام الفضائية . وكان براهي يؤمن بنظام ثالث اطلق عليه (النظام التايخوي) ، وهو غير نظامي بطليموس وكوبرنيكوس ويقول فيه ان الكواكب تدور حول الشمس وان كل هذه المجموعة تدور حول الارض ، وكان هذا النظام الجديد تسوية بين النظامين الاخرين : فبينما تدور الكواكب حول الشمس حسب راي كوبرنيكوس ، الا ان الارض ثابتة راسخة حسب نظرية بطليموس . وبرغم هذا ، فان ابحاث تايخو براهي الفلكية التي زاد عليها علماء لاحقون ، ساعدت على اقامة الدليل على صحة نظرية كوبرنيكوس .

لقد كانت نظرية تايخو براهي بغير الحسابات الفلكية اللازمة مجرد خيال لا طائل تحته ومن ثم كان بحاجة الى عالم رياضي يساعده ، والا ضاعت كل ارصاده وعمل السنوات العشرين هباء . وكان الشخص الوحيد الذي يستطيع ان يمد له يد العون هو

جوهان كبلر (١٥٧١ ـ ١٦٣٠) ، الشاب الذي يدرس الرياضيات وقد بدت منه مهارة فائقة عندما كان يحسب مدارات الكواكب ، وغدا كبلر مساعدا لبراهي فاستخدم أرصاده واثبت أن مدارات الكواكب السيارة ليست دائرية تامة ، كما كانت تقضي قواعد الكون عند كوبرنيكوس ، بل هي قطع ناقص أو اهليليجية Elliptical وأن الشمس تحتل احدى بؤرتي القطع الناقص ، وكان هذا اول قانون من قوانين كبلر الثلاثة التي تحكم النظام الشمسي .

أما القانون الثاني فهو أن الكواكب السيارة تزيد سرعتها عندما تقترب في مداراتها البيضاوية من الشمس ، بالمقارنة بسرعتها في أجزاء مداراتها البعيدة عن الشمس . وقال كبلر في قانونه الثالث أن مربع زمن الدورة لأي كوكب يدور حول الشمس تتناسب مع مكعب بعده عنها ، وبالجمع بين هذه القوانين الثلاثة يتضح أن ثمة قوة جاذبية تعمل بين الاجرام السماوية .

لقد كان من طموحات كبلر منذ شبابه أن يكتشف العلاقة بين أبعاد الكواكب ، لكي يتجلى أمام عينيه ذلك الانسجام الرائع الذي صنعه الخالق جل شأنه ، ولهذا يسمى القانون الثالث أيضا بالقانون التوافقي Harmonic ، فهو يبين في الواقع أن هناك تأثيرا جوهريا بين الكواكب والشمس .

وهذا القانون التوافقي هو الذي قاد نيوتن الى نظرية الجاذبية، فالوقت الذي يستغرقه الكوكب في قطع الرحلة الواحدة حول الشمس بادئة ومنتهية في نقطة تقع على خط يصل بين أحد النجوم البعيدة ، هو ما يسمى (بالفترة الفلكية) .

وقد تمكن كبلر أيضا من حساب مدارات القطع الناقص (الاهليليجي) لكواكب المجموعة الشمسية في مداراتها حول الشمس، ومن ثم حطم الفكرة القديمة القائلة بأن مسارات الكواكب السيارة دائرية الشكل ، وأوضح بذلك معالم القوانين الاساسية للنظام الشمسي كما هو معروف في الوقت الحاضر .

وجاء جاليليو جاليلي (١٥٦٤ ـ ١٦٤٢) ، ليصوب للمرة الاولى التلسكوب الى السماء عام ١٦٠٩ ـ ويظن المؤرخون أن صانع النظارات الهولندي هانز ليبرشي هو الذي صنع أول تلسكوب في العالم ـ انتابته الدهشة اذ وجد نفسه وجها لوجه مع نظام كوبرنيكوس الفلكي ، الذي ينص على ان الشمس وليست الارض هي مركز مجموعتنا الشمسية . لقد رأى جاليليو أربعة اقمار تدور حول كوكب المشترى ، وهو ما يثبت أن الارض ذات القمر الواحد لا يمكن ان تكون أبرز عضو في المجموعة السماوية ، كذلك أمكن أن يراقب كوكب الزهرة ، فوجد انه يظهر وجها كامل الاضاءة حين يكون قريبا من الشمس ، وهذه الظاهرة لا يمكن تفسيرها على اساس نظام بطليموس ، بل يمكن تعليلها حسب نظام كوبرنيكوس الذي يقضي بأن يدور كوكب الزهرة حول الطرف القصي من الشمس ، وقد اقنعت هذه المشاهدات الفلكية جاليليو بالتحمس لنظرية كوبرنيكوس .

ملكوت الجاذبية

قدم اسحق نيوتن (١٦٤٢ ـ ١٧٢٧) الكثير من النظريات الفيزيائية للعالم ، وبذا أثرى الفكر البشري بالعديد من الافكار العلمية الناضجة المتقدمة . ويقترن اسم نيوتن دائما بقوانين الحركة وقانون الجاذبية العام ، وقد كانت السنوات الثلاث ـ من سن الثالثة والعشرين حتى السادسة والعشرين ـ أكثر سنوات حياته انتاجا . ففي هذه الفترة ، اكتشف قوة التجاذب بين كل الاجسام في النظام الشمسي ، أي قوة الجاذبية ، ثم بين ان قوانين كبلر الثلاثة هي النتيجة المباشرة لقانون الجاذبية ، وان حركة الكواكب كلها خاضعة لهذا القانون .

درس نيوتن علم البصريات ، فوجد ان الضوء الابيض يمكن أن ينقسم بوساطة منشور الى الالوان التي يتركب منها ، ولم يعرف من قبل أن الضوء الابيض هو خليط من جميع الوان قوس قزح

مزجت معا . وقد فسر نيوتن ايضا سبب المد والجزر وانتفاخ الارض عند خط الاستواء وتقدم الاعتدالين ، وفوق هذا كله وضع لنا أسس فيزياء الحركة حسب المفهوم النيوتني .

وقد اثبت نيوتن ايضا ان الجاذبية قوة كونية ، وان كل جسمين تجذبهما قوة تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما ، وتقل عكسيا بحسب مربع المسافة بينهما ، وقد أوضح نيوتن أن هذه القوة موجودة في جميع الاجسام في الكون .

وكانت العقبة الكبرى التي واجهت نيوتن هي حساب قوة الجاذبية على سطح الارض ، فان كل شيء في الوجود يجذبنا اليه وكلما كانت الاجسام اكبر كلما كانت قوة الجذب أكبر ، فسلسلة الجبال البعيدة والصخور التي في باطن الارض ، كلها تمثل قوى جذب تؤثر علينا ، ويجب اضافة هذه القوى كلها للحصول على محصلتها وهو ما نطلق عليه (الوزن) .

واخيرا اهتدى نيوتن الى الحل ووجد ان المسألة غاية في البساطة ، فقد اثبت ان الارض كروية تسلك سلوكها كما لو كانت كل الكتل قد جمعت في نقطة واحدة في المركز ، فأطلق عليها مركز الجاذبية . وبعد حل هذا التكامل أصبح بامكانه أن يربط قوى الجاذبية على سطح الارض بقوى الجذب القائمة بين الارض والقمر ، وباقي الاجسام الفضائية الاخرى .

وقد نشر السير اسحق نيوتن أبحاثه عام ١٦٨٧ في كتاب سماه الاصول Principia او الاصول الرياضية للفلسفة الطبيعية .

النظرية النسبية .. تغير الفكر البشري

لا شك ان اغلب العلوم الحديثة ومنها علم الفلك، تدين بالفضل الى البرت اينشتين (١٨٧٩ ــ ١٩٥٥) نابغة القرن العشرين ، الذي ادى ولعه بالعلوم الرياضية البحتة ، الى اكتشاف اخطر الآراء العلمية التي ظهرت حتى الوقت الحاضر ، فبدلت صورة

الكون المحدود التي ارتسمت في أذهان القدامى وعللت اسرار الجاذبية التي كشف اسسها نيوتن ، كما أوضحت للناس مدلول الطاقة والحركة والسرعة .

ان فكر اينشتين قد تحرر بفعل معادلاته الرياضية ، من قيود المكان وأبعاده الثلاثة الى بعد رابع غفل الناس عنه ، وهو الزمن . وقد نشر اينشتين اولى نظريتيه عن النسبية عام ١٩٠٥ ، وهي نظرية النسبية الخاصة ، ثم أعلن نظرية النسبية العامة بعد ذلك في عام ١٩١٦ .

ولا ريب ان نظريتي النسبية العامة والخاصة ، قد خلقتا بعدا جديدا للكون ، وربطتا بين المادة والحركة والطاقة والكتلة والمكان والزمن ، فكان لهما التأثير الاكبر على المفهوم الحديث للكون .

واستطاع اينشتين ان يصوغ فلسفته الرياضية ونظرياته في النسبية الخاصة والعامة بقوانين ومعادلات تجريبية ، وقرر انه لا وجود للزمن والمكان المطلقين وانما هما نسبيان ، وما الوجود كله وما فيه الا متصل زماني ــ مكاني Spacetime Continuum ذو اربعة ابعاد ، واساس هذه الابعاد الاربعة هو أن الزمن بعد رابع بالاضافة الى الابعاد المكانية الثلاثة المعروفة . وقد جاءت قوانين اينشتين لتنفي فكرة العبثية عن الكون ، ولتثبت أن الظواهر الكونية كلها تخضع لقوانين رياضية ثابتة .

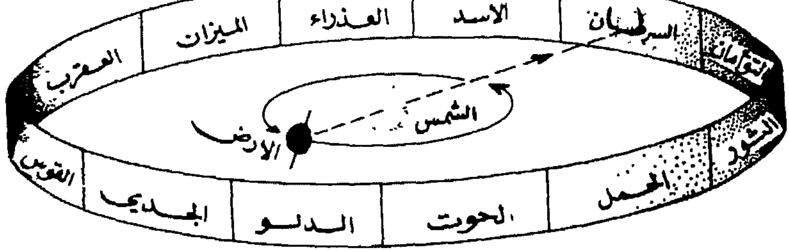
ولعل جوهر نظرية النسبية العامة ، هو ان وجود المادة يغير شكل الفضاء ويجعله يتقوس ، وفي البدء نشأ مفهوم تقوس الفضاء Curvature من الهندسة متعددة الابعاد التي لا تأخذ بفكرة الخط المستقيم بل الخط المنحني . وكان على اينشتين في نظرية النسبية الخاصة أن يهجر فكرة الفضاء المطلق لكي يتعرف على طبيعة الضوء ، وفي النسبية العامة تجاوز ذلك الى ما هو ابعد ، فقد لاحظ أن وجود المادة في الفضاء يخلق دائما مجالا مقوسا للجاذبية او القصور الذاتي Inertia ــ اي الذي يجعل المادة تقاوم التغيرات

في اتجاه حركتها ـ وهذا من شانه ان يجعل للاجسام أشكالا كروية ، وان تتخذ الاجسام الفضائية التابعة لها مدارات بيضاوية الشكل .

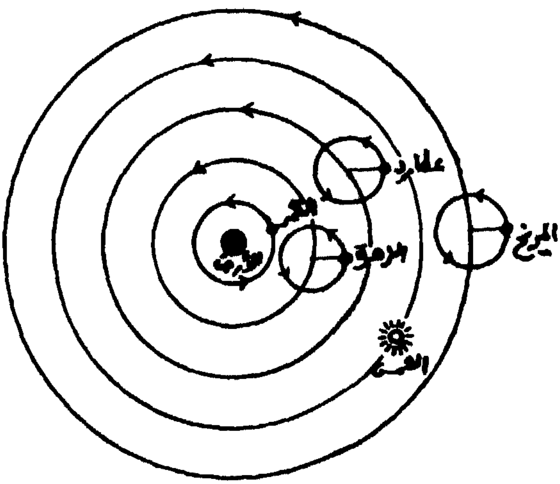
ويقول أينشتين في النظرية النسبية الخاصة ، أن المكان نسبي في الكون لاننا نتحرك مع سطح الكرة الارضية وهي تدور حول نفسها ، وثانيا نتحرك مع الارض نفسها وهي تدور حول الشمس ، وثالثا الشمس مع الارض وبقية الكواكب التسعة تسير بالنسبة الى نجوم مجرتنا (الطريق اللبني Milky Way) ، ورابعا فان مجرتنا ـ كالمجرات الاخرى ـ تدور حول نفسها وشمسنا تدور معها بالطبع ، وخامسا فان مجرتنا ـ كباقي المجرات ـ منطلقة في الفضاء متباعدة عن أخواتها .

ان كل مكان في الكون هو في حالة حركة بالنسبة للكون ككل ، وما نحن الا مسافرون على ظهر كوكبنا الارضي نخترق الفضاء في رحلة ابدية .

وللتدليل على نسبية الزمن ، قال أينشتين باننا اذا أردنا قياس الزمن بالنسبة الى حادثة كونية ، وكلفنا بذلك شخصين في كوكبين مختلفين ، فانهما سيسجلان زمانين مختلفين ، حتى اذا استخدما نفس أدوات قياس الوقت .



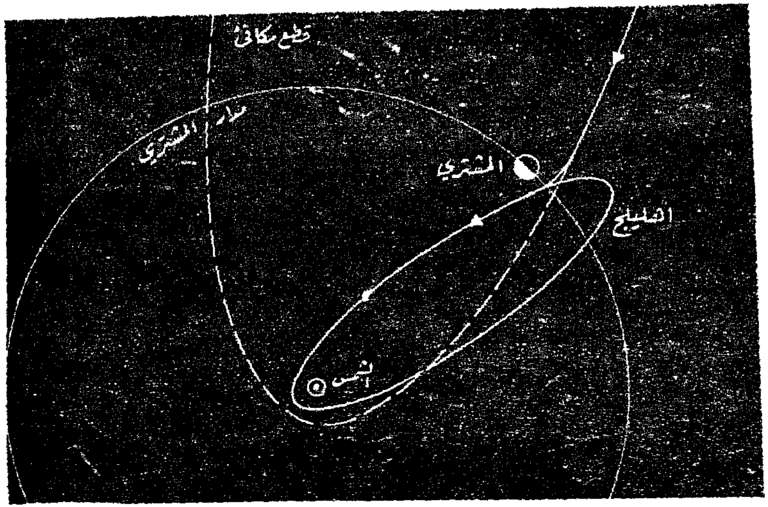
(شكل ــ ٢) لما كانت الارض تدور حول الشمس مرة كل سنة ، فانها اذا انتقلت من موضع لاخر خيل الينا ان الشمس هي التي انتقلت من برج لاخر .



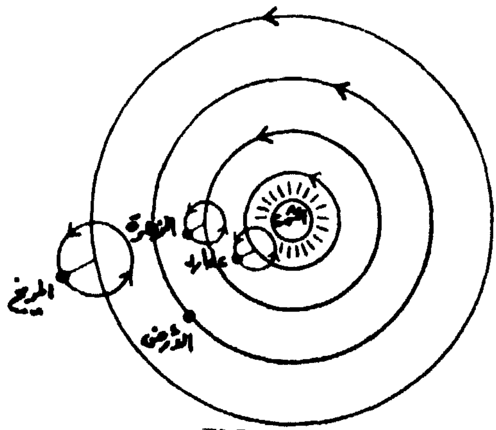
(شكل ــ ٣) ــ نظام بطليموس



(شكل ـ ٤) الاسطرلاب



(شكل ـ ٥) القطع الناقص (الاهليلجي)



(شكل رقم ٦)
(نظام كوبرنيكوس)



شكل ـ ٧) سديم راس الحصان ، وهي سحابة من الغبار الكوني البارد تنتصب امام طاقة متوهجة تنبعث من النجوم القريبة .

٢
أعظم دراما في التاريخ

الجزر الكونيـة

لا بد ان تكون الظواهر الفلكية المختلفة ، قد راعت الانسان منذ فجر التاريخ ولذلك نراه قد اتخذ من بعض الاجرام السماوية آلهة . ومنذ آلاف السنين والانسان يرقب السماء بخيال خصيب ورهبة وخشوع ، وكان من المستحيل على الشعوب القديمة أن تفسر الظواهر الطبيعية كما نفسرها في الوقت الحاضر ، وربما يرجع بدء التفكير العلمي الى المحاولات الأولى التي قام بها الانسان لاستخدام السماء كتقويم أو وسيلة لتحديد الوقت .

ولكن بعد تقدم العلوم الفلكية ، واختراع التلسكوب ، أمكن للانسان أن يتطلع الى الوحدات الاساسية للكون ، السدم والمجرات .

أما السدم (أو السدائم) Nebulae فهي أجرام سماوية هائلة ، سحابية الشكل يقدر عددها بالملايين لكننا لا نرى الا القليل منها بالعين المجردة ، وذلك لان بعضها معتم والبعض الاخر سابح في الفضاء السحيق ، والسدائم المضيئة تستمد نورها من اشعاعات النجوم التي تتخللها ، فذرات السدائم تمتص الضوء ثم تعيد اشعاعه في موجات متباينة الطول .

وقد يطلق اسم (سديم) على أنواع مختلفة من الاجرام السماوية ، ليس بينها تشابه سوى مظهرها الضبابي ، فهناك سدائم غازية تتكون من غازات غاية في الخلخلة وهي غالبا منتشرة بلا نظام في منطقة بالفضاء تحتوي على عدد هائل من النجوم ، وغالبا ما تكون هذه السدائم مجرية اي في داخل مجره .

والسدائم المجرية توجد في اتجاه المجرات وأحيانا داخلها ، وتكون جزءا منها . وهي اما سدائم غازية أو معتمة أو كوكبية ، فالنوع الاول يتكون من جزيئات غازية قليلة الكثافة جدا ، أما السدائم المعتمة فتوجد في الاماكن الخالية من النجوم أو التي يقل فيها عدد النجوم بالنسبة الى المناطق المحيطة بها . وفي السدائم الكوكبية تكثر النجوم المتفجرة ويوجد في مركز معظمها نجم شديد الحرارة ، ويعتقد علماء الفلك بأن المادة المكونة لهذا النوع من السدائم ، هي المادة التي اطلقتها النجوم المتفجرة اثناء ثوراتها .

أما السدائم اللامجرية ، فتحتوي على نجوم كثيرة مفردة ولكنها خافتة ، وتختلف اشكال تلك السدائم اختلافا كبيرا وتتميز بأنها تدور حول نواة أي مركز غير نجمي ، بيد أن الاجزاء الخارجية منها تتكون من النجوم ، ويبدو أن تلك الصور المختلفة التي تظهر بها السدائم تمثل حلقات في تطورها ..

وتدور السدائم بسرعة مذهلة ، تصل الى بضع مئات من الكيلومترات في الثانية في شبه حركة متماسكة ، ومع ذلك فأية نقطة في السديم قد تحتاج الى بضعة ملايين من السنين لتتم دورة كاملة حول مركزه ، ويرجع ذلك الى الحجم الهائل الذي تتميز به السدائم .

أما المجرات Galaxies فهي وحدات الكون العظمى ، وهي تنتشر بجلال في اجزاء متفرقة من الفضاء الكوني اللامحدود ومن ثم يطلق عليها الجزر الكونية . وهي تتكون من آلاف الملايين من الاجرام السماوية من سدائم ونجوم وكواكب ومذنبات ونيازك وغبار كوني وغازات ، تدور بعضها حول بعض ، وتربطها الجاذبية فتجعلها وحدة عظيمة متماسكة . والمجرات هي مكان مولد النجوم .. ومقابرها . ولا تتوزع المجرات في الفضاء بانتظام ، وانما توجد في حشود وهي تنتشر في أشكال مختلفة . وما المجموعة الشمسية بنجومها وكواكبها

واقمارها ، وكل اجرامها السماوية الاخرى ؛ الا جزء ضئيل للغاية من مجرة من بلايين المجرات مختلفة الاشكال والاحجام التي يحتوي عليها الكون .

ويرى بعض علماء الفلك ان المجرات تتباعد بعضها عن بعض بسرعات كبيرة جدا ، فيزداد بذلك حجم الكون بل ويذهبون الى انها تتراجع تراجعا سريعا عن مجرتنا ، واطلقوا على هذه النظرية (الكون المتمدد) .

نهر من ((الفضة)) .. في السماء

اذا تطلعنا الى السماء ، لبدا لنا ما يشبه النهر من الفضة يجرى خلال الفضاء متألقا ، واذا دققنا النظر لوجدناه يتكون من نقط ضوئية دقيقة ، تبلغ من الصغر والخفوت ما يحول دون تمييزها كنجوم مستقلة ، ويجعلها تبدو على هيئة غبار فضي ممتد في كبد السماء ، وهذا ما يعرف بالطريق اللبني أو طريق التبان Milky Way وهي المجرة التي تحتوي مجموعتنا الشمسية بالاضافة الى حوالي ١٣٠ بليون (الف مليون) نجم اخر .

ان الشمس وباقي الكواكب التسعة اعضاء في هذا التجمع الهائل من النجوم ، ومجرتنا على شكل قرص لولبي أو حلزوني سميك المركز وقليل السمك عند الحافتين ويبلغ قطره حوالي مائة الف سنة ضوئية ، وسمكه عند المركز حوالي خمسة عشر الف سنة ضوئية ، وتأخذ في النحافة بالبعد عن هذا النتوء المركزي الى ناحية الحافتين .

وتقع المجموعة الشمسية على مسافة حوالي ثلاثة وثلاثين الف سنة ضوئية * من مركز المجرة في احد اذرع اللولب أو الحلزون

---

* السنة الضوئية مقياس طولي يستخدم في قياس المسافات الهائلة بين النجوم ، ويمثل المسافة التي يقطعها الضوء خلال سنة كاملة (الضوء يقطع مسافة ثلاثمائة الف كيلو متر في الثانية الواحدة) .

اي عند ثلثي الطريق الى حافة المجرة ، على ذلك الخط الوهمي الذي نتخيله مارا خلال هذا القرص الجبار .

والفضاء بين مكاننا ومركز مجرتنا مليء بسحب الغاز الكوني ، الامر الذي يجعل محاولتنا معرفة شكل مجرتنا وتركيبها أمر مشوب بصعوبات جمة . ولكن أمكن لعلماء الفلك ، بدراسة مجرات خارجية ، استنتاج أننا نعيش في مجرة لولبية أوضحت دراستهم لها ، تشابها في خواصها مع المجرات اللولبية الاخرى .

والصورة التي امكن استنتاجها هي ان مجرتنا عبارة عن قرص من النجوم مخلوط بالغبار والغاز الكوني ، سميك في المركز نحيف عند الاطراف ، وحول هذا القرص الهائل توجد هالة كروية الشكل تقريبا مكونة من تجمعات لنجوم ، وايضا من سحابة مخلخلة جدا من غاز الهيدروجين تعمل كخزان يستمد منه مركز المجرة (النواة) التيار الذي يدفعه في الاذرع الحلزونية .

وقد أمكن بطريقة جيدة ، تصوير أجزاء من ثلاثة أذرع حلزونية في مجرتنا ، وفي السنين الاخيرة تمكن علم الفلك الراديوي ـ العلم الذي يعتمد في دراسة النجوم على النبضات التي تصدرها ـ من تحديد مكان سحب الهيدروجين في كل مجرة ، وامكن عن طريق هذه المعلومات ، الحصول على فكرة افضل عن التركيب الحلزوني لاذرع مجرتنا .

المجموعة الشمسية

أن سير كواكب مجموعتنا الشمسية في افلاكها ، دراما من أعظم الدرامات المعروفة للبشر وتمثل هذه الدراما بصفة مستمرة أمام أعيننا ، وتقوم فيها الشمس بالدور الرئيسي بينما تقوم الكواكب التسعة ـ ومن بينها ارضنا ـ بمجرد ادوار مساعدة .

لقد راى الكثيرون كيف أن اطلاق الاقمار الصناعية الى مدارات حول الارض تمثل بداية متواضعة لتدخل الانسان في هذه المملكة السماوية التي كانت محرمة عليه منذ امد طويل .

وما ان تدخل الاقمار الصناعية مسرح الفضاء ، حتى تتبع بأقصى دقة ممكنة قوانين الحركة الكوكبية ، فالانسان الذي كان من قبل مجرد متفرج على العرض الفضائي ، الم بدقة بالقوانين الاساسية للفضاء قبل ان يتمكن من تقديم عرض متواضع خاص بـه .

ويتميز النظام الشمسي بحركاته المتشابهة في دوران الكواكب حول نجمها المركزي . . الشمس ، فمسارات الكواكب اهليليجية اي بيضاوية وبعضها يميل نحو بعض في دورانها حول الشمس ، فتكون معا دوائر مسطحة شبه متوازية ، ثم انها تدور كبيرها وصغيرها ــ دون أستثناء ــ في اتجاه واحد لا يتغير حول الشمس ، فاذا فرض ونظرنا اليها من نقطة تعلو القطب الشمالي للارض ، وجدناها تدور جميعها في اتجاه ضد سير عقارب الساعة .

ان الشمس وكل كواكبها التسعة ، تميل على محاورها في أثناء دورانها وحول نفسها في اتجاه واحد أيضا ، باستثناء الكوكب أورانوس ، الذي يبدو وكأنه يدور على جانبه بشكل غريب وغامض .

ويلاحظ ان الكواكب القريبة من الشمس (عطارد ــ الزهرة ــ الارض ــ المريخ) صغيرة الحجم اذا قورنت بالكواكب البعيدة عنها ، ولكن كتلتها ــ على صغرها ــ اكثر كثافة من كتل الكواكب الضخمة النائية (المشترى ــ زحل ــ اورانوس ــ نبتون) ، اذ تتراوح كثافة الكواكب الصغرى بين اربعة وخمسة مرات قدر كثافة الماء ، اما الكوكب التاسع (بلوتو) ، فهو يشذ عن هذه القاعدة وهو كوكب حديث الاكتشاف نسبيا ولم يسبر غوره بعد ، ومما يسترعي الانتباه ويؤيد تلك الرابطة الابدية بين أجرام المجموعة الشمسية ، أن هناك تناسقا في النسب بين ابعاد الكواكب عن الشمس ، فقد اتضح ان نصف قطر مدار كل كوكب يعادل ضعف نصف القطر لمدار أقرب الكواكب اليه من ناحية الشمس .

ومجموعتنا الشمسية تكمل دورتها حول مركز مجرتنا مرة كل ٢٥٠ مليون سنة ، ويطلق عليها (السنة الكونية) Cosmic Year .

الشمس والحيـاة

دون الشمس تبرد الارض وتتجمد وتنعدم الحياة عليها ، ولا شك أن ما يجعل للشمس هذه الاهمية الفريدة المرتبطة باشاعة الحياة على الارض ، هو تلك النسبة المعينة من طاقة الشمس التي تصل الى الارض ، ومن هذه النسبة الضئيلة من الضوء والحرارة التي تستقبلها الارض من الشمس ، يسير موكب الحياة .

وقد عاش ملايين الناس في أجيال متعاقبة ، قبل أن يعرفوا أن الشمس هي احدى النجوم ، وكانوا يعتقدون انها مجرد جرم سماوي هام يتميز عن باقي الاجرام في الفضاء . لقد ادرك الصينيون والبابليون أهمية الشمس كمنبع للضوء والحرارة ، فاعتبروها الاله العظيم وأقاموا لها المعابد ، بالرغم من انها كانت شيئا غامضا بالنسبة لهم ، كما أطلق عليهـا المصريون القـدماء اسـم الالـه (آتون) .

وحتى يومنا هذا ، وبالرغم من أن علماء الفلك استطاعوا تحديد مكان الشمس في مجرتنا، وتوصلوا الى تركيبها الكيماوي والطبيعي، وبحثوا في التفاعلات التي يمكن ان تولد بها الشمس طاقتها ، الا انه لا زالت هناك اسرار عديدة تحتاج الى كشف النقاب عن طبيعتها .

والشمس هي التي تنظم حركة دوران الكرة الارضية وباقي الكواكب وتوابعها ، فهي تجذب كل أعضاء المجموعة الشمسية بقوة هائلة فتحافظ على سير كل منها في مداره . والشمس تسبح في الفضاء بسرعة فائقة تبلغ ٢٢٠ كيلو متر في الثانية الواحدة ، ومن حولها الكواكب التسعة وذلك في حركتها الدورانية حول مركز المجرة .

وتعتبر الشمس مصدر جميع الطاقات التي عرفها الانسان ، وبدون اشعاعها تستحيل الحياة فوق كوكب الارض ، ومن ثم أصبح من الضروري دراسة الشمس فلكيا بانتظام ، لمعرفة ما يدور فيها ومدى تأثيره على كوكب الارض ، والاستفادة من منابع طاقتها الاشعاعية الجبارة بشتى الوسائل .

داخل الاتون الذري

في اثناء انتشار أشعة الشمس ، خلال المسافة الكبيرة التي تفصل الشمس عن الارض حوالي ١٤٩ مليون كيلومتر او ٩٣ مليون ميل في المتوسط ، لا نجد في ضوء الشمس ما يمكن أن ينبىء عن الحرارة المخيفة المدمرة التي تسود المكان الذي يكتنف مسقط رأس هذه الطاقة الشمسية .

وبداخل كرة الشمس الهائلة ، تتفاعل ذرات الغازات اندماجيا في درجات حرارة عالية جدا ، تتراوح من ملايين الدرجات في المركز الى حوالي عشرة آلاف درجة على السطح . والنظرية التي تلقى قبولا من معظم علماء الفلك ، تقول بأن طاقة الشمس ناتجة عن الاندماجات والتفاعلات النووية الهيدروجينية ، التي تتوالى فيها بصفة مستمرة ، بسبب شدة التفاعل والحرارة في مركزها من جهة ، ووجود عنصري الهيدروجين والهليوم بكثرة هائلة من جهة اخرى . وتبلغ كثافة مادة الشمس بالقرب من مركزها حدا هائلا ، ولا بد أن الضغط في هذه المنطقة يعادل حوالي مليون طن على السنتيمتر المربع الواحد . والعملية الحرارية النووية التي تنتج الطاقة الشمسية ، ليست مقتصرة على عملية واحدة ، بل هي تتابع كامل من التحويلات المترابطة أو سلسلة من التفاعلات تعمل على تحويل غاز الهيدروجين الى غاز الهليوم ففيره من العناصر ، ولهذه التفاعلات ناتجا مهما الا وهو تلك الطاقة الاشعاعية الهائلة .

---

* الاندمـــاج :
هي العملية التي تتحد بها نواتا ذرتين خفيفتين لتكوين نواة لذرة واحدة أثقل وينتج عن ذلك انطلاق كمية من الطاقة اكبر من تلك التي تنطلق من التفاعلات الكيميائية بين ذرتين .

الانشطار :
هي العملية التي ينتج عنها انقسام نواة ذرة الى جزئين أو اكثر ، وتكون كتلة الاجزاء اقل قليلا من كتلة الاصل ، ويكون هذا الانقسام مصحوبا بانطلاق كمية كبيرة من الطاقة ناتجة عن تحول الجزء الصغير من الكتلة الى طاقة .

ولذلك فسطح الشمس دائب الحركة ، حتى لترى السنة الفازات الهائلة تشق عنان سمائها في نافورات جبارة تذهب الى ارتفاعات شاهقة ، قد تصل الى آلاف الكيلومترات .

دوامات فوق الشمس

في بعض الاحيان تثور بعض الدوامات فوق الشمس ، مسببة البقع الشمسية التي تعتبر من اكثر الظواهر الطبيعية المتصلة بالشمس ، وللبقع شكل واضح محدد .. منطقة مركزية داكنة تسمى الظل محاطة بمنطقة اكثر اضاءة تسمى شبه الظل ، وتبدو البقع الشمسية في شكلها المتأجج كدوامة في أتون الشمس المستعر .

وعند ظهور البقع الشمسية لاول مرة ، يكون قطرها حوالي الف كيلو متر وفي غضون حوالي اسبوع يزداد قطرها الى حوالي ٣٠ الف كيلو متر ، وفي بعض الاحيان يصل الى ٨٠ الف كيلو متر . واكبر بقعة شمسية تم تسجيلها حتى الوقت الحاضر ، هي التي ظهرت في ابريل عام ١٩٤٧ وغطت مساحة بليون كيلومتر مربع .

وبعض البقع الشمسية الصغيرة لا تنمو وانما تختفي بعد فترة يوم الى أربعة أيام ، أما عندما تصل البقعة الى أكبر قطر لها ، فتبقى عليه لفترة ثم تبدأ في الانكماش الى أن تختفي ، وفي المتوسط نجد أن عمر البقعة الشمسية اقل من شهر . والراي الحديث في الفلك يقول بأن البقع الشمسية تكون مصحوبة بمجالات مغناطيسية ، وعلى الارجح تنشأ هذه المجالات المغناطيسية قبل البقع الشمسية وتسبب وجودها ، ويبدو أن هذه المجالات محلية وقائمة بذاتها الا انه ليس هناك تفسير عام لها ، وأقرب تخمين لها هو انها تنشأ من التيارات الكهربائية الهائلة التي تسري في أتون الشمس ، ويمكن أن تكون هذه التيارات الجبارة من الشدة ، بحيث تستطيع توليد المجالات المغناطيسية المصاحبة لاكبر البقع الشمسية .

عندما تموت الارض

منذ سنوات قليلة ، الف كاتب واسع الخيال رواية علمية انهى فيها العالم ، بأن حرمه من اشعة الشمس . ففي هذه الرواية ، اقترب نجم اخر من المجموعة الشمسية وبمروره بالقرب منها اثر على افلاك كواكبها ، وقد ادت جاذبية النجم الى الاخلال بالميزان الدقيق للمجموعة بأكملها ، فانفلتت الارض من قبضة الشمس وبدأت مياه المحيطات في التجمد ، وسرعان ما غطى كوكب الارض درع متين من الجليد . وانكمش أيضا قرص الشمس ، الذي كان بالغ العظمة من قبل ، ليصبح في حجم صغير جدا ، واخذ يلقي ضوءا ضعيفا خافتا فوق سطح الارض المقفرة .

وهذه القصة من المحتمل الا تتحقق أبدا ، فالارض مثبتة باحكام في فلكها حول الشمس ، والفضاء الممتد بين النجوم هائل المساحة ، بحيث أن احتمال حدوث أي تصادم يكاد ينعدم ، ولكن القصة تبين مدى اعتماد الحياة بشتى صورها فوق كوكب الارض ، على امداد لا ينقطع من الطاقة الشمسية .

كوكب الارض .. سفينة فضاء

كوكب الارض هودنيانا التي نعيش فيها ، وهو كوكب صغير الا انه غير عادي ، ويوجد في الطريق اللبني حيث تقل كثافة النجوم نسبيا على بعد ثلثي المسافة من مركز مجرتنا ، كما انه الكوكب الثالث من الشمس بعد كوكبي عطارد والزهرة ، ويبلغ قطر كوكب الارض حوالي ١٢٦٠٠ كيلومتر .

ونحن فوق الارض ، اشبه ما نكون بركاب سفينة فضاء سقفها الغلاف الجوي الذي تتعدد وظائفه وخدماته ، وجو دنيانا مكيف بحيث ترسل السفينة وسقفها الى الفضاء ، نفس الطاقة التي تكتسبها من الشمس فتظل محتفظة بنفس معدلات درجات الحرارة على مر السنين ، وهذا هو السبب في استمرار الحياة فوق سطحها .

ولكن سفينة الفضاء هذه انما تخدعنا ، لانها تبدو وكانما تقف ثابتة في الفضاء ، بينما يدور الكون بأسره من حولها بما في ذلك الشمس والنجوم والكواكب واقمارها . أما حقيقة الامر ، فهو ان ارضنا تلف وتتمايل وتهتز وتسبح في الفضاء بسرعة تبلغ ٣٠ كيلو متر في الثانية ، في طريقها حول الشمس . وتدور الارض حول محور يسمى طرفاه بالقطبين ، الشمالي والجنوبي وباتجاه القطب الشمالي يمكن رؤية النجم القطبي Polaris ، الذي يدل الناس على اتجاه الشمال في الوقت الحاضر .

ويبدو النجم القطبي في مكانه ساكنا لا يتحرك ، بينما تبدو النجوم الاخرى تدور من حوله ، نتيجة لدوران الارض . والنجم القطبي حركته ظاهرية في واقع الامر ، فهو لا يبقى في النقطة الرياضية تماما فوق القطب الشمالي ، ولكنه يقوم مرة كل يوم برسم دائرة صغيرة تبلغ مساحتها ضعف مساحة قرص القمر تقريبا .

والارض دائبة التغير على مر العصور ، فكثير من الاحياء والزواحف الهائلة مثل الديناصورات ــ التي انتشرت على سطح الارض من آلاف السنين ــ لم يعد لها اي اثر اليوم الا بعض اجزاء من هياكلها العظيمة متحجرة على شكل أحافير .

وقد وجد في صحاري الارض الجدباء ، آثار حياة سابقة مما يدل على انها احتوت منذ سنين طويلة على الماء ، وما دامت حرارة باطن الارض لم تخب بعد ، وما زالت هناك جيوب من الحمم واللظى في باطنها فانها معرضة دائما للتغيير ، وستعمل البراكين والزلازل والحركات الارضية الاخرى مع عوامل تعرية السطح ، على تغيير المعالم الجغرافية لسطح الارض باستمرار فكم من جبل سيصبح واديا ، وكم من واد او سهل سيرتفع جبلا .

واذا تكلمنا عن كوكب الارض في العلوم الكونية ، او عرضنا لها كجرم سماوي من اجرام الفضاء ، فاننا نقصد بذلك أيضا ما

يحيط بها من أغلفة مرئية كانت ، مثل المحيطين اليابس والمائي ، أو غير مرئية مثل المحيط الهوائي .

ويجب الا ننسى أن كوكب الارض بجميع اغلفته ، يدور في الفضاء بسرعة كبيرة كوحدة لا تتجزأ ، حول نفسه وحول الشمس مع باقي الكواكب ، ثم مع الشمس حول مركز مجرتنا ثم مع المجرة التي تتحرك هي الاخري مع البلايين من المجرات التي يتكون منها الكون ، الى مكان مجهول لا يعلمه الا الله خالق الكون ومبدعه .

رحلة الى باطن الارض

يقسم علماء الجيولوجيا باطن الارض عادة الى ثلاث طبقات رئيسية :

١ ـ القشرة . ويبلغ سمكها حوالي مائة كيلو متر ، وهي تنقسم بدورها الى قسمين هما : الغلاف وسمكه حوالي ٥٠ كيلو مترا ويتكون من طبقة من صخور الجرانيت ، وهي المادة الاساسية التي تتكون منها القارات ، ثم طبقة اخرى من صخور البازلت .

٢ ـ الطبقة المتوسطة . وسمكها حوالي ٢٩٠٠ كيلو متر وهي غير مكتشفة ، ونحصل على المعلومات عنها عن طريق ما تلفظه البراكين من مواد ، والمعتقد أن هذه الطبقة تتكون من أكاسيد **الفلزات الثقيلة** (كالحديد) .

٣ ـ الطبقة المركزية (النواة) . وسمكها حوالي ٣٣٠٠ كيلومتر ، ويسود الاعتقاد بين العلماء بأنها مكونة من مواد ذات كثافة عالية جدا ، وفي حالة انصهار وسيولة ويظنون بأن أهم موادها الحديد والنيكل .

ولو أردنا الوقوف على نسبة تغير درجات الحرارة في باطن الارض ، كان علينا أن نستخلص ذلك ايضا مما تمنحنا اياه البراكين الثائرة من معلومات . والقياس هنا دائما فرضي ، ولكن الامر الذي لا

شك فيه أن باطن الارض شديد الحرارة وفي حالة انصهار في جيوب ، ولا ادل على ذلك من تلك الطاقة الحرارية الهائلة التي تحتوي عليها مواد الطفوح البركانية ، والتي تخرج في صورة سائل من مواد منصهرة يطلق عليها اسم الصهير البركاني .

ونستطيع ان نفترض ان درجة الحرارة تصل الى درجة الغليان ، على بعد ثلاثة كيلو مترات من سطح الارض ، وتصل الى حوالي ٢٢٠٠ درجة مئوية على عمق ٥٠ كيلو متر ، وتكفي هذه الحرارة لصهر الصخور ودليلنا على هذا ان الحمم البركانية تخرج من باطن الارض ، ودرجة حرارتها بين ١٢٠ ــ ٢٢٠٠ درجة مئوية . غير أن الضغط الشديد في باطن الارض يعيد تصلب الصخور المصهورة في مناحي بحيث يبقى الصهر في جيوب متوزعة .

ومن دلائل الطاقة الكامنة في باطن الارض .. حدوث الزلازل ، النتيجة الحتمية لما تتحمله الطبقة الصخرية المكونة لغلاف الارض من ضغط ، حتى اذا ما زاد الضغط عن قوة احتمالها انكسرت وتصدعت مولدة الزلزال . والضغط الهائل في باطن الارض يبلغ على عمق ١٥٠ كيلو مترا فقط من سطحها حوالي ١٢٠ طنا على السنتيمتر المربع . ونجد تحت سطح الارض ايضا ، مياه جوفية متجمعة من رشح مياه الامطار والانهار والبحار والمحيطات ، وبعضها نشأ مع تكون الارض واحتبس داخلها ، وبالطبع تكون هذه المياه في خزانات ارضية باطنية يتقرر عمقها بحسب طبيعة الصخور التي تحويها وتوزعها ، ومن هذه المياه ما يتصاعد الى وجه الارض مكونا الينابيع .

سقف .. الكرة الارضية

الغلاف الجوي طبقة فسيحة الارجاء من الغازات تحيط بالكرة الارضية تماما ، وهو دائم الحركة يكون وحدة لا انفصال

فيها وتؤثر في جميع أرجاء كوكب الارض ، فمراكز العواصف وأماكن الاستقرار الجوي والتيارات المختلفة وكتل الهواء الباردة والساخنة ، لا تعترف بالحدود بين الدول .

ولكن مم يتكون الغلاف الجوي ؟

يقسم العلماء جو الارض الى خمس طبقات بعضها فوق بعض : طبقة التروبوسفير ـ ستراتوسفير ـ الاوزونوسفير ـ الايونوسفير ـ الاكسوسفير .

والتروبوسفير (اي المحيط المتغير) ، هي الطبقة التي نعيش في جزئها الاسفل الملاصق لسطح الارض . ويبلغ ارتفاع هذه الطبقة في المتوسط نحو ١١ كيلو مترا فوق سطح البحر ، وهي طبقة عدم الاستقرار وموطن التقلبات الجوية حيث تنشأ السحب وتتولد العواصف المختلفة .

أما طبقة الستراتوسفير (اي المحيط ذو الطبقات) فيبلغ سمكها حوالي ٣٠ كيلومترا ، وهي طبقة من الهواء الرقيق وتعلو طبقة التروبوسفير ، كما تجتاحها الرياح العاتية اذ ينساب في قاعدتها نهران من التيارات الهوائية ، يجريان حول معظم الكرة الارضية ويعرفان باسم تيارات الرياح المتدفقة .

أما منطقة الاوزونوسفير (اي منطقة تجمع الاوزون) فيتحول فيها جزء من غاز الاوكسجين الى غاز الاوزون ، بفعل الاشعة فوق البنفسجية القوية التي تصدرها الشمس ، وتؤثر في هذا الجزء من الغلاف الجوي نظرا لعدم وجود طبقات سميكة من الهواء فوقه لوقايته .

ولهذه الطبقة اهمية حيوية بالنسبة لنا ، فهي تحول دون وصول الموجات فوق البنفسجية القصيرة بتركيز كبير الينا ، اذ لو ادركتنا كذلك لتاثرت الحياة فوق سطح الكرة الارضية .

اما الطبقة الرابعة فهي الايونوسفير (أي الطبقة المتأينة) وتتميز بارجائها الغامضة العجيبة ، ومناطقها النائية الشبيهة بالفراغ ، وهي تتعرض تماما لاشعاعات الشمس خاصة فوق البنفسجيةالتي تعمل علىتحطيم ذرات غاز الاوكسجين والنيتروجين بها ، فتفقدها أحد الكتروناتها فتصبح متاينة اي مشحونة كهربيا .

من خصائص هذه الطبقة انها تمتص وتعكس الموجات اللاسلكية فيما يسمى بالحزام الايوني ، وارتفاع هذا الحزام دائب التغير من فصل الى اخر ، بل من يوم لاخر بل لقد يتغير ارتفاعه عدة مرات في اليوم الواحد .

وتظهر في طبقة الايونوسفير ظاهرة طبيعية غريبة ، فعندما تنطلق من الشمس جسيمات مشحونة ـ وبخاصة عند ظهور البقع الشمسية والالسنة ـ تسرع باتجاه كوكب الارض ، وتصطدم هذه الجسيمات المشحونة كهربيا بالغازات التي توجد في هذه الطبقة ـ لانها اول طبقة متاينة تقابلها ـ فتتوهج وينشأ عن ذلك مشهد يختلف في شكله من قوس الى ستارة الى نافورة تخرج وهجا من الضوء الابيض في العادة ، ولكن قد يصدر عنها أحيانا اضواء ذات الوان خضراء وصفراء وحمراء وبنفسجية ، ويطلق على هذه الظاهرة (الشفق القطبي) Aurora Borealis .

ويطلق على الطبقة الخامسة والاخيرة من طبقات الغلاف الجوي ، طبقة الاكسوسفير (اي الطبقة الخارجية) وهي تمتد الى ارتفاع قد يصل الى ١٣٠٠ كيلو متر ويحتمل أن يوجد بها بعض ذرات متفرقة من الاوكسجين والنيتروجين ، ويزداد التفرق بين هذه الجزيئات كلما اتجهنا الى الخارج ، الى حد يصبح التلاقي بينهما منعدما تقريبا .

جواسيس الفضاء

يزداد عدد ما اطلق من الاجسام الفضائية الصناعية حتى الوقت الحاضر ، عن عدة آلاف تتعدد أنواعها ومهامها الرئيسية ، ولكن

تسمية (قمر صناعي) لا تنطبق على جميع هذه الاجسام الفضائية، فمنها مجرد بقايا صواريخ كانت قد انفجرت في الجو وتحطمت ، وانتشرت منها شظايا في الفضاء .

والفرق بين هذه الشظايا والاقمار الصناعية الحقيقية ، هو ان الاولى لا تمثل اي دور ذاتي بل تكتفي بالبقاء في المدار بفعل الجاذبية ، فانه يكفي ان تبلغ سرعة اي جسم فضائي ١١ كيلو مترا في الثانية ، حتى يتخلص من قبضة جاذبية الارض ويدور في فلك خاص به .

ان على الانسان ان ينتظر مئات السنين ، قبل أن يكتشف أسرار باطن الارض ولكنه لن ينتظر طويلا لمعرفة أسرار الفضاء ، فهذه الاقمار الصناعية مختلفة الاغراض والمجهزة بآلات غاية في الدقة سواء للقياس أو التصوير ، تقوم بعملها على اكمل وجه . وهناك الكثير من الاقمار الصناعية الحربية أو التجسسية ومن اغراضها تصوير النشاط العسكري للعدو ، أو تحطيم صواريخه عند انطلاقها .

ومدارات الاقمار الصناعية من حيث بعدها عن سطح الارض ، اما منخفضة أو متوسطة الارتفاع أو عالية . والمدار المنخفض هو ما يبعد حوالي ٣٠٠ كيلو متر من سطح الارض ، وغالبا تكون الاقمار في هذا المدار ذات عمر قصير اي تدور حول الارض لعدد محدود من الايام ثم تنجذب نحو الارض ، وتتلاشى بعد ذلك محترقة في الغلاف الجوي . أما المدار المتوسط فيبعد حوالي ٢٤٠٠ كيلو متر عن سطح الارض ، والاقمار الصناعية التي توضع في هذا المدار يطول عمرها ـ اي دورانها حول الارض ـ لعدة سنوات . أما المدارات العالية ، فتبعد عشرات الآلاف من الكيلومترات ويطول عمر الاقمار الصناعية التي توضع فيها ، الى ما شاء الله .

والعلاقة الطردية بين بعد القمر الصناعي عن سطح الارض وعمره ، ترجع الى جاذبية الارض ومقاومة غلافها الجوي لحركة

القمر الصناعي . فكلما زاد بعده عن الارض ، قلت سيطرة جاذبية الارض عليه ، وانخفضت مقاومة غلافها الجوي لمساره ، وبذلك يطول عمره ..

أما اذا اقترب القمر الصناعي من سطح الكرة الارضية ، فان سيطرة جاذبية الارض عليه تزداد ، وكذلك مقاومة غلافها الجوي لحركته ومن ثم يقصر عمره ، أي مدة دورانه حول الارض .

ومن احدث مهام الاقمار الصناعية في الفضاء ، جمع البيانات اللازمة للبحث العلمي ، عن ظروف الارض وغلافها الجوي وكمية الاشعاعات الكونية والمجال المغناطيسي للارض ودراسة الشهب ودراسة الفلك .

كرات من النار

تعجب الانسان دائما من تلك الكرات النارية الصغيرة المتوهجة ، والمنطلقة بسرعة هائلة في جو الارض والتي تمكث ثوان او ربما اجزاء من الثانية ، انها الشهب .

فالمجموعة الشمسية محاطة بأشبه ما يكون بالغلاف الرقيق غير المتصل من الكويكبات ، وتتأثر اجزاء منها من حين لاخر بجذب النجم أ. قنطورس Alpha Centauri ، الذي يعتبر اقرب النجوم الينا ، عندئذ قد ينفصل جزء من هذا الغلاف ليجري سابحا حول الشمس على هيئة شهب ، نشاهدها في السماء في بعض الليالي الصافية تضيء وتتوهج ، وهي تحترق بسبب احتكاكها بطبقات الجو العليا .

الاشعة الكونية

يمتليء الكون بتلك الاشعة النافذة ذات الطاقة العالية ، التي نطلق عليها (الاشعة الكونية) ، انها جسيمات عظيمة السرعة اذ تبلغ سرعتها احيانا ما يقرب من ثلاثة أرباع سرعة الضوء ، فهي لذلك ذات طاقة كبيرة جدا .

وموجات الاشعة الكونية ، مثل الموجات اللاسلكية والاشعة الفوق بنفسجية وتحت الحمراء ، ذات طول موجي لا يمكن للعين ان تبصره ، ولم يتحقق العلماء حتى الوقت الحاضر من المصدر الحقيقي لهذه الاشعة ، فيقول البعض أنها صادرة من الشمس بينما يقول اخرون أنها تنطلق من الاغوار السحيقة للفضاء . ويفسر علماء الفلك هذا الراي الاخير ، بأن في الكون بلايين السدائم وكل منها يحتوي على كميات هائلة من الغازات المخلخلة ومئات الملايين من النجوم المتأججة ، كما يحتوي على ذرات الحديد والصخور والغبار في حركة دائمة ، ومن الاجسام ما هو مشع ومنها ما هو خامد ، وقد تكون الاشعة الكونية منبعثة من بعض هذه الاجسام الفضائية .

ومعظم الطاقات الرهيبة لهذه الاشعة ، تمتصها الطبقات العليا للغلاف الجوي ومن ثم تقينا من اثرها المدمر ، والا كانت وبالا على كل شيء حي فوق سطح الارض ، فهي اقوى اختراقا للاجسام من أشعة جاما التي تصاحب التفجيرات النووية .

ويمكن للاشعة الكونية أن تنتقل في الهواء وتخترق المعادن أيا كان سمكها ، وكمية الطاقة الكلية للاشعة الكونية التي تصلنا ــ بعد ترشيحها وتفريغها من شحناتها في طبقات الجو العليا ــ تكاد تعادل الاشعة الضوئية والحرارية التي تصلنا من النجوم ، مما يثبت أن تلك الاشعة تملأ الكون .

القمر .. بين الحقيقة والخيال

لا شك ان منظر القمر من فوق سطح الارض من المناظر الخلابة الممتعة ، الا اننا كلما اقتربنا منه بدا اقل روعة ، بشكل لا يشجع على تفضيله عن غيره من كواكب المجموعة الشمسية واقمارها .

يبعد القمر عن الارض بنحو ٣٨٤ الف كيلو متر ، ويبلغ قطرة ٣٤٧٨ كيلو متر ، وهو يؤثر على الكرة الارضية وعلى حركتها في الفضاء ، كما يسبب المد والجزر حيث تعمل قوة التجاذب بين القمر

والارض كجسمين ضخمين ، على تحريك الماء الذي على سطح الارض في المناطق المواجهة للقمر محاولة جذبه اليه ، ونظرا لان الماء على سطح الارض محدود ، فان ارتفاعه في مكان ما معناه انه لا بد أن ينخفض مستواه في مكان اخر ، ومعنى ذلك أن المد عندما يحدث في مكان ما ، لا بد أن يقابله جزر في مكان اخر مقابل له .

ويلاحظ ان القمر يواجه الارض دائما بوجه واحد ، ويدور حولها مرة كل شهر ، ومن ذلك استنتج علماء الفلك انه يدور حول نفسه مرة كل حوالي شهر ، ولذا تظل اي نقطة على سطحه تتلظى بضوء الشمس اسبوعين كاملين ، فترتفع درجة حرارته الى ما يقرب من مائة درجة مئوية ، اما الاجزاء التي لا تصل اليها اشعة الشمس ، فنجد أن البرودة فيها تصل الى مائة درجة تحت الصفر .

وقبضة جاذبية القمر ضعيفة ، تبلغ حوالي سدس جاذبية الارض ، ولهذا فهي لا تقوى على الاحتفاظ بغلاف جوي .

ويتميز القمر عن غيره من الاجرام السماوية ، بانه اقربها الى كوكب الارض ومن ثم يمكن متابعة العمليات المختلفة الجارية هناك متابعة دقيقة ، سواء كانت هذه المتابعة بالوسائل البصرية او باستعمال الاجهزة اللاسلكية ، ومن هذه العمليات الصعود والهبوط فوق سطح القمر أو الحفر والتنقيب عن المعادن . ولن تتأخر وصول المساعدات الارضية الى القمر ــ في اسوا الظروف ــ اكثر من بضعة أيام ، في حين أن جماعات الاستكشاف التي ستهبط على كوكب المريخ ، لن تتمكن من الحصول على المساعدات والامدادات الا خلال عدة اشهر .

ومن المحتمل أن تستخدم اول محطة تنشا على القمر في الاعمال التدريبية ، لرحلات اكثر بعدا .. الى كواكب ونجوم أخرى .

الكوكب .. ذو القناع الغازي

ماذا سيجد رواد الفضاء عندما تطأ أقدامهم سطح كوكب الزهرة Venus ؟ أهي صورة لغابات كثيفة تغوص في مياه المستنقعات ؟ أم سيجدون سطح كوكب الزهرة وقد ألهبته الحرارة والرياح المحرقة ، وتظهر الشمس في السماء الغريبة بوهج خلال سحب وطبقات كثيفة من الرمال والغبار وغاز ثاني اكسيد الكربون وغازات الهيدروكربونات .. ويرجع السبب في قلة المعلومات عن هذا الكوكب الى أن علماء الفلك لم يتمكنوا حتى الوقت الحاضر من رؤية سطحه ، فكوكب الزهرة يدور في مداره متدثرا برداء كثيف من السحب الغريبة ، ولهذا لم يتمكن اي انسان من أن يتعرف على ما تحتها . اما المعلومات المتوافرة عن كوكب الزهرة ، هو انه يبعد عن الشمس بحوالي ١٠٧ مليون كيلو متر ، أما قطره فهو ١٢٣٠٠ كيلو متر أي اقل من قطر كوكب الارض بحوالي ٣٠٠ كيلو متر فقط ، ولهذا يطلق على كوكب الزهرة (توأم الارض) .

وتبلغ سرعة كوكب الزهرة في مداره الدائري حول الشمس ما يقرب من ٣٥ كيلو متر في الثانية ، وهو يحتفظ لنفسه بغلاف جوي ، كما يتميز سطحه بأنه يعكس من اشعة الشمس الساقطة عليه نسبة كبيرة ، تفوق ما يعكسه اي كوكب اخر في المجموعة الشمسية ..

وكان من نتيجة وجود هذا القناع الغازي الكثيف ، أن اختلف العلماء في تقدير طول اليوم فوق كوكب الزهرة ، ويذهب الراي الراجح الى أن هذا الكوكب يواجه الشمس بوجه واحد دائما ، ومن ثم لايدور حول نفسه الا مرة كل ٢٢٠ يوما ، وهي مدة دورانه الكامل حول الشمس .

كوكب .. النهار والليل الابدي

لقد أضفى علينا السفر في الفضاء شعورا جديدا تماما ، واحساسا بطبيعة موقعنا في الكون ، ونحن نتطلع الى الكواكب

الاخرى ونتساءل .. هل توجد حياة فوق هذه الكواكب تتمتع بقدر من الذكاء ؟ .

ولكن في بعض الاحيان نصاب بخيبة أمل ، عندما نصادف كوكبا غريبا مثل عطارد Mercury ، الذي اذا اقتربنا منه لظهر لنا منظر مخيف حقا ، سطح موحش نحاسي اللون تتخلله خطوط كئيبة رمادية متجعدة . وفي الجزء المضيء من الكوكب ، سحب صفراء ومكان تقشعر لمجرد التفكير في الاقتراب منه أكثر .

انه كوكب عطارد ، الكوكب الغريب الصغير الذي يبلغ قطره ٤٩٦٠ كيلو متر ، ويدور حول الشمس بسرعة كبيرة ـ لاقترابه الشديد منها ـ ويبلغ متوسط تلك السرعة ٤٨ كيلو متر في الثانية ، فيتم الدورة في ٨٨ يوما فقط كما يبلغ بعد الكوكب عن الشمس حوالي ٥٨ مليون كيلو متر ، ومعنى ذلك انه اقرب منها أكثر من أي كوكب اخر من كواكب المجموعة الشمسية .

ومن المعروف ان كوكب عطارد يدور حول محوره دورة كاملة في نفس الفترة ، التي يدور فيها حول الشمس ومن ثم فهو يواجه الشمس بوجه واحد بصفة دائمة ، اي ان احد وجهي عطارد نهار أبدي حيث ترتفع فيه درجة الحرارة الى اكثر من ٣٠٠ درجة مئوية وهي تكفي لصهر الرصاص ، أما الوجه الاخر فليل أبدي حيث تنخفض درجة الحرارة الى ـ ٢٣٧ درجة مئوية (أي قريبة من درجة الصفر المطلق «ـ٢٧٣») .

وهكذا يجمع كوكب عطارد بين نقيضين ، فهو اشد كواكب المجموعة الشمسية حرارة كما انه اكثرها برودة ، في وقت واحد . ويحتفظ عطارد حوله بغلاف جوي بسيط بسبب صغر كتلته ومن ثم جاذبيته ، وايضا لارتفاع حرارته بشكل كبير نظرا لقربه من الشمس ، الامر الذي ادى الى تبخر جوه .

كوكب .. اله الحرب

المريخ .. ذلك الكوكب الذي استحوذ على اهتمام الناس منذ القديم ، بسبب لونه الاحمر المميز فأطلق عليه اسم اله الحرب Mars

وبسبب تعرج مداره ، وظهور ما يشبه القنوات على سطحه ، فقد أصبح في الوقت الحاضر من اكثر كواكب المجموعة الشمسية اثارة للاهتمام وموضعا للجدل ، وربما يرجع السبب في ذلك الى توقع العلماء وجود نوع من الحياة فوق سطحه ، أو ربما بسبب تلك الظواهر الغريبة التي لاحظوها مثل وجود كتل من الجليد عند قطبيه وانتشار الاخاديد عليه وغرابة شكل القمرين اللذين يدوران حـوله .

ولكي يشبع الانسان من طموحه ويرضي غريزة الفضول لديه ، وليجمع المزيد من المعلومات عن كوكب المريخ ، أرسل عدة مركبات فضائية لكشف اسراره كان اخرها فايكنج ١ يوم ٢٠ اغسطس ١٩٧٥ ، وتبعتها فايكنج ٢ يوم ٩ سبتمبر من نفس العام . ويميل محور المريخ بزاوية ـ كما في كوكب الارض ـ ولذلك تحدث الفصول الاربعة فوقه .

والمريخ هو الكوكب الرابع بعدا من الشمس ، وهو يدور في فلكه خارج نطاق فلك الارض ومن ثم لا نراه هلالا أبدا ، ويبلغ متوسط بعد المريخ عن الشمس حوالي ٢٢٥ مليون كيلو متر ويتم دورته حولها خلال ٦٨٧ يوما ، ويبلغ قطره نصف قطر كوكب الارض ومن ثم تقل الجاذبية عليه من الجاذبية فوق الارض .

هل هناك حياة فوق المريخ ؟

ترقب العالم كله نتائـج التجارب التي قامت بهـا مركبتي الفايكنج ١ ، ٢ في عام ١٩٧٥ ، اعتقادا منهم بوجود حياة فوق

سطح المريخ ، فقد كثرت الحكايات عن رؤية أطباق طائرة قادمة من المريخ ، تقودها مخلوقات غريبة ذات لون اخضر ، ولهم قدرات خارقة تفوق كل خيال .

وكانت التجربة الاولى لفايكنج تتعلق بدراسة ظاهرة التركيب الضوئي لجو المريخ ، وامكانية تحويل ثاني اكسيد الكربون الى مادة عضوية ، ولم تثبت النتائج التي حصل عليها العلماء ، بشكل قاطع ، ما اذا كانت هناك حياة فوق سطح المريخ ام لا . وبرغم اعادة التجارب عدة مرات من داخل التربة لمعرفة ما اذا كانت هناك ثمة حياة تحت الصخور ، لم يتم الحصول على ما يثبت وجود او عدم وجود اي نوع من الحياة في المريخ . وعموما فان عدد التجارب التي اجريت او اعيدت محدودة العدد ، لذلك يتحتم ارسال مركبة فضائية اخرى اكثر تطورا للحصول على نتائج أكثر دقة ، والى ان ترسل هذه المركبة المتقدمة نظل مقيدين بهذه النتائج غير القاطعة عن تأكيد وجود حياة أو عدم وجودها ، ويظل السؤال غامضا وبلا اجابة قاطعة .

الرعب والخوف .. قمرا المريخ

لعل من أعجب الاكتشافات التي ادهشت العالم التعرف على تابعي المريخ ، فنظرا لصغرهما المتناهي لم يلفتا انظار المشتغلين بالارصاد الفلكية منذ القدم ، كما انه لم يتوقع الانسان وجود توابع للمريخ على مثل هذا الصغر في الحجم . وبسبب قوة انعكاس ضوء الشمس على المريخ ، يصعب في اغلب الاحيان رؤية القمر الاقرب اليه (فوبوس Phiobos) ، بينما يمكن رؤية القمر الاخر (ديموس Demos) رغم بعده وقلة اضاءته . وكل من القمرين يدور حول المريخ بنفس النظام الذي يدور به القمر حول الارض ، ويتميز القمران بقربهما من سطح كوكب المريخ ، فمدار فوبوس ـ على سبيل المثال ـ يبعد عن المريخ حوالي ٦٠٠٠ كيلو متر فقط ، وبمرور الوقت قد يقترب فوبوس اكثر نتيجة الجاذبية الى أن يتحطم فوق المريخ .

يدور القمران فوبوس وديموس حول المريخ باسرع من معدل دوران المريخ حول نفسه ، ومن ثم يخيل لمن يرصدهما من فوق هذا الكوكب ، انهما يشرقان من الغرب ويغربان من الشرق . وكما سمي المريخ باله الحرب مارس ، فان تابعيه قد أعطيا التسمية المناسبة بوصفهما مرافقين له ، اذ ان ديموس معناه (الرعب) بينما فوبوس معناه (الخوف) .

المشتري .. ملك الكواكب

لو اقترب احد رواد الفضاء من كوكب المشتري Jupiter ، لوصفه بانه يظهر كقرص من الذهب تتوسطه خطوط مضيئة يتدرج لونها ، من الاصفر الباهت الى الاحمر القاني ، اما في اقصى الشمال والجنوب فتحيط به احزمة مظلمة نسبيا يتدرج لونها من البني الى الازرق المعتم .

وعندما تقترب سفينة الفضاء من جو المشتري فانها تشق طريقها ببطء وبصعوبة خلال متاهة من الجزيئات الغازية ، وكرات الهيدروجين المتجمد . أما بخار النشادر المنبعث من المحيطات الهائلة فيضفي على الجو منظرا مرعبا ، وتبدا اجهزة سفينة الفضاء في تسجيل العواصف العاتية التي تبلغ سرعتها آلاف الكيلو مترات ، والتي هي حقا اعاصير تكتسح كل شيء في طريقها .

ومن الارض ، يبدو المشتري كوكبا هائل الحجم .. عملاقا يدور بما يحيط به من اقمار في تؤدة حول الشمس ، ونتيجة لهذا الحجم الجبار فانه يتميز بقوة جذب كبيرة ، قادرة على تحطيم كل ما يوجد على سطحه وايضا قادرة على جذب الكثير من الكويكبات واخراجها من مداراتها ، ثم تحطيمها اذا هي اقتربت من كوكب المشترى الى مسافة قصيرة .

ويبلغ قطر المشتري حوالي ١٣٨ الف كيلو متر اي ما يقرب من عشرة اضعاف قطر كوكب الارض ، ولكن وزنه النوعي يبلغ ٣ر١

بينما يبلغ وزن الارض النوعي ٥ر٥ ، وعلى ذلك فان الارض على صغرها النسبي تحتوي على اكثر مما يحتويه كوكب المشترى من مادة .

ولا يعلم أحد اين يبدأ الجزء الصلب من سطح المشتري ، أو ما هو مقدار الكتلة المركزية الصلبة ، ولكن لا جدال في ان سطحه تعلوه آلاف الكيلومترات من اجواء تموج فيها الغازات وتضطرب ، وتبدو كغلاف محكم به خطوط معتمة ، وكأنها سحب تتحرك في شكل حزام يدور بسرعة كبيرة في المنطقة الخارجية من الكوكب ، وتتكون من غازات مجمدة من الهيدروجين والميثان والنشادر .

ويتحرك كوكب المشترى حول الشمس في مدار يبدو بطيئا بالنسبة لسرعة دورانه حول نفسه ، وتبلغ سرعته حول الشمس حوالي ١٣ كيلو مترا في الثانية ، ويتم دورته حولها فيما يقرب من اثنى عشرة سنة من سنواتنا الارضية ، ويبلغ بعد كوكب المشتري عن الشمس ٧٧٣ مليون كيلو متر .

ويدور حول كوكب المشتري ، مجموعة من اثنى عشر قمرا اهمها ايو واوروبا وجانيميد وكاليستو وأماليثيا . ولكن الشيء الذي يحير العلماء في كوكب المشتري هو تلك البقعة الحمراء الهائلة التي تبدو على سطحه .

البقعة الحمراء الغامضة

هناك منطقة مميزة فوق سطح كوكب المشتري ، يطلق عليها (البقعة الحمراء الكبرى) ، ولم يتمكن العلماء بعد من معرفة طبيعتها على وجه الدقة ، وهي تبدو كعلامة هائلة لونها يتأرجح بين الوردي والبرتقالي ، وتقع في نصف الكرة الشمالي من الكوكب، وهي بيضاوية الشكل ويبلغ امتدادها ٤٨ الف كيلو متر وعرضها ٢٤ الف كيلو متر .

ولقد كانت هذه البقعة الغامضة قد اكتشفت في عام ١٨٧٨ ، كمجرد بقعة باهتة اللون غير واضحة المعالم ، غير انها اليوم واضحة، وهي بخلاف العلامات السطحية الاخرى ، لا تغير وضعها بل تدور مع الكوكب ولذلك استخدمها علماء الفلك في تقدير مدة دوران كوكب المشتري حول نفسه .

وقد ظن بعض العلماء ان البقعة الحمراء بركان هائل ثائر على سطح المشتري ، لما يسببه من وهج أحمر فيما فوقه من غيوم ، ولكن الرصد المتقن على مدى سنين طويلة ، جعل علماء الفلك يرفضون فكرة البركان رفضا باتا . والراي الراجح في الوقت الحاضر ، أن البقعة الحمراء جسم صلب عائم في جو المشتري ، وهذا الراي يفسر تغير وضوح معالمها ، فاذا ارتفعت هذه الجزيرة الهائلة الى اعالي الجو ، فانها تبرز خلال ذرات الغيوم وتبدو شكلا بيضاويا كبيرا وردي اللون . وتتباطأ هذه الجزيرة الحمراء في مسيرها اذا ما ارتفعت الى اعالي جو المشتري وابتعدت عن محوره ، ولكنها عندما تهبط داخل جوه ، فان الغيوم الكثيفة تحجبها الى حد ما فلا تعود واضحة للانظار .

زحل .. جوهرة المجموعة الشمسية

اذا كان كوكب المشتري هو اكبر كواكب المجموعة الشمسية ، فان كوكب زحل Saturn هو اجملها على الاطلاق ، فقد جذب الانظار اليه منذ اختراع التلسكوب لما يتميز به شكله الفريد الجذاب . حيث تحيط به هالة من الحلقات ذهبية اللون ، أما اذا نظرنا اليه بالعين المجردة فانه لا يزيد عن كونه مجرد نقطة صفراء خافتة غير مميزة .

وتبدو هذه الحلقات الغريبة لغزا أمام العلماء ، ولا يعلم أحد على وجه اليقين كيف تكونت هذه الحلقات حول كوكب زحل ، والراي الراجح بين علماء الفلك أنها بقايا أحد الاقمار التي كانت تابعة له ، ولكنه تناثر في دور تكوينه عندما حاول أن يتخذ له مسارا

بالقرب منه ، ونتج عن ذلك أن تكون من بقاياه شريط من الرمال والاتربة والشظايا في شكل طبقي رقيق مميز . وتتكون الحلقات حول كوكب زحل من مجموعات بعضها لامع والاخر معتم ، واذا أمكن رؤيتها بحيث نواجهها ، فانها لا تكاد ترى على الاطلاق لرقتها وقلة سمكها ، مع انها تمتد الى مسافات كبيرة من الكوكب . وتدور الاجزاء الداخلية من حلقات كوكب زحل بسرعة كبيرة ، بالمقارنة بالاجزاء الخارجية ، وهو ما يتوقع حدوثه لو أن هذه الحلقات كانت مكونة من بقايا أقمار فردية متناثرة ، ويقدر سمك حلقات زحل بحوالي ١٥ كيلو متر فقط أما طولها فيبلغ ما يقرب من ٢٧٥ ألف كيلو متر . وزحل كوكب عملاق ، ذو جو ثقيل ومناطق متلألئة ونطاقات من الغيوم ، وله نواة مركزية من الصخر والحديد تلتف حولها قشور من الجليد . ويتم زحل دورته حول الشمس كل ٢٩٫٥ سنة ، ويبعد عنها حوالي ١٤٢٥ مليون كيلو متر ــ أي ضعف بعد كوكب المشتري تقريبا ــ وهو يدور حول نفسه في ١٠ ساعات و ١٤ دقيقة فقط . وتظهر عشرة توابع حول زحل وهي تبدو منتظمة مترابطة ببعضها بعضا ، وهذه الاقمار هي تيتان ــ القمر الوحيد لاي كوكب الذي له غلاف غازي ولكنه سام ــ ثم جانس وميماس وانكلادوس وتيثيس وديون وريا وهيباريون ويابيتوس وفوبي ، وتسعة من هذه الاقمار تدور في نفس الحياة دوران الكوكب ، بينما يدور العاشر في اتجاه عكسي .

اورانوس .. الكوكب الغريب

لقد كان زحل هو اخر الكواكب السيارة المعروفة منذ القديم ، ولكن في عام ١٧٨١ اكتشف كوكب اورانوس فأثار دهشة العالم ، فقد كان يبدو سطحه اللامع صفيرا تنعكس عليه اضواء خضراء وزرقاء . وسبب صغر هذا الكوكب هو بعده الشاسع عن الشمس (حوالي ٢٨٦٠ مليون كيلو متر) أي ما يقرب من ضعف بعد كوكب زحل عنها ، وقد تمضي قرون عديدة قبل أن يصل أحد

رواد الفضاء الى كوكب أورانوس Uranus ذلك الكوكب النائي ، وقد يكون في ارسال مركبات فضاء بلا رواد ، هو السبيل الوحيد لمعرفة معلومات عن هذا الكوكب البعيد .

وتدل الحقائق المعروفة عن كوكب أورانوس ، أن طريقة دورانه الغريبة حول الشمس يتميز بها عن اي كوكب اخر في المجموعة الشمسية ، اذ يميل محوره عن الوضع العمودي بزاوية كبيرة ، دون أن يعرف السبب في ذلك .

فكوكب أورانوس اذن يميل كثيرا على جانبه ، وكأنه يتدحرج فيمداره حول الشمس بينما تدور توابعه حوله ، كما تدور العربات المثبته حول عجلة الدوران الكبرى التي نشاهدها في مدن الملاهي .

ويحتفظ أورانوس بغلاف جوي سميك يحتوي على غاز الميثان والنشادر ، اللذين يغلفان الجزء الداخلي الصلب ، والذي يتركب من الصخور المغطاة بالثلوج وبعض المعادن . وتبلغ درجة حرارة هذا الكوكب ١٧٠ درجة مئوية تحت الصفر ، وهو يتخذ لنفسه مدارا بيضاويا حول الشمس بحيث يقطع الدورة الواحدة ، في مدة ٨٤ سنة من سنواتنا الارضية منطلقا بسرعة تبلغ ٧ كيلو متر في الثانية .

ويظهر في سماء كوكب اورانوس خمسة اقمار تتسابق على طول الافق بسرعة مذهلة ، وهي ميراندا وأريبل وامبرييل وتيتانا واوبرون .

نبتون .. كوكب اله البحار

لقد كان اكتشاف كوكب نبتون Neptune انتصارا لقدرة العقل البشري ، فقد تم التنبؤ بوجوده قبل رصده فعلا في السماء . اذ لاحظ علماء الفلك انحرافا غريبا في مدار كوكب أورانوس ، وفسروا هذا باقترابه من كوكب مجهول وحددوا مكانه بالتقريب ، ثم ثبت فيما بعد وجود كوكب في نفس المكان الذي حددوه من قبل . وقد

اطلق على هذا الكوكب النائي ، اسم اله البحار عند الرومان ، بسبب لونه الاخضر الباهت المميز والذي يشبه لون أعماق البحار . وكوكب نبتون لا يختلف عن الكواكب العملاقة في المجموعة الشمسية ، الا في احتواء جوه على كمية أكبر من غاز الميثان ، وفي عدم وجود الاضطرابات والاعاصير على سطحه .

ويسير كوكب نبتون في طريق طويل حول الشمس ، فيقطع دورة كاملة في ١٦٦ سنة ارضية ، بسرعة تبلغ ٥ر٥ كيلو متر في الثانية . ويبلغ بعد نبتون عن الشمس ٤٨٠٠ مليون كيلو متر ، ومن ثم تبلغ درجة الحرارة فوق سطحه ٢٢٠ درجة مئوية تحت الصفر ، ويدور حوله قمران عجيبان .. تريتون الضخم على بعد ٣٥٠ الف كيلو متر ونيريد الصغير الحجم الذي يبلغ متوسط بعده عن الكوكب ٨ مليون كيلو متر .

ومن المعتقد ان تريتون ، هو اثقل الاقمار الكائنة في المجموعة الشمسية ، ويعني أن كثافته ، لا بد أن تكون كبيرة الى حد كبير ولا يستبعد ان يحيط به غلاف جوي ، رغم انه لم يمكن رؤية هذا الغلاف في اي وقت حتى الان . وقمرا كوكب نبتون يسيران في حركة تقهقرية بالنسبة له ، ولكن نيريد يشذ في أن مداره أقرب الى البيضاوي منه الى الدائري ، فهو يسلك مسلكا اقرب الى المذنبات فيقترب من كوكب نبتون الى مسافة ٢ مليون كيلو متر ، ثم يبتعد عنه حتى تبلغ هذه المسافة ١٠ مليون كيلو متر .

بلوتو .. الكوكب الاسود Pluto

ما زال علماء الفلك في حيرة من امر هذا الكوكب الاسود ، وما يحدثه من اضطرابات قوية في سير اقرانه الكواكب العملاقة ، فلا بد أن تكون كثافته كبيرة جدا ولعله مكون من معادن ثقيلة للغاية .

واذا علمنا ان درجة الحرارة المتوسطة فوق هذا الكوكب ٢٢٠ درجة مئوية تحت الصفر ، وهي قريبة جدا من درجة الصفر

المطلق ، اي ان كل مادة موجودة فيه سواء فوق سطحه او في باطنه ، لا بد ان تبلغ اقصى كثافة ممكنة .

وقد حسب علماء الفلك مدار كوكب بلوتو من واقع ارصاد كثيرة ، منذ اكتشافه في عام ١٩٢٩ ، ومن المعروف ان مداره شاذ كبير الاستطالة ، ويبلغ بعده عن الشمس ٥٨٨٠ مليون كيلو متر ، وهو يتم دورته حول الشمس في ٢٤٨ سنة أرضية . ولما كان كوكب بلوتو بعيدا جدا عن الشمس ، فهو لا يعكس الا قليلا من اشعتها خاصة وأن قطره لا يتعدى ١٠٥٠٠ كيلو متر ، وهو يبدو لنا على شكل نقطة مضيئة في سماء حالكة السواد ، ولهذا اطلق عليه الكوكب الاسود .

ويعتقد علماء الفلك أن كوكب بلوتو ذو سطح اسود لامع ، وقد غطته طبقة كثيفة من غازات في حالة السيولة ، او التجمد مثل الامونيا والميثان وجميع المركبات التي توجد في أجواء الكواكب العملاقة .

وسيأتي اليوم ـ ربما في المستقبل البعيد ـ عندما تقوم فيه سفينة فضاء من كوكب الارض ، متجهة الى كوكب بلوتو .. ولا شك أن دافع الفريزة البشرية ، سيكون احد الدوافع التي تحدونا للقيام بمثل هذه الرحلة ، اذ لا يوجد في كل ما قابلناه ورأيناه من عجائب ومشاهدات غريبة في كل كواكب المجموعة الشمسية ، ما يمكن أن يقارن بهذا الكوكب الوحيد النائي ، الذي يكتنفه الغموض وتحيط به الاسرار .

الحياة في الكون

يذهب بعض العلماء الى أن الاجرام السماوية التي ليس لها اغلفة جوية ، لا يحتمل ان يكون عليها كائنات حية . والفكرة السائدة الان بين علماء الفلك ، هو أن حوالي ٣٠٠ مليون نجم على الاقل في مجرتنا لها انظمة كوكبية ، بيد ان الكواكب التي تدور حول

هذه النجوم اما أن تكون قريبة جدا منها فتكون شديدة الحرارة ، او تكون بعيدة جدا عنها فتكون قارصة البرودة ، ولا يمكن أن تستقيم عليها حياة شبيهة بحياتنا الارضية . وان بين هذه النجوم ذات الانظمة الكوكبية ، حوالي ٣٠٠ الف نجم على الاقل قد تتبعها كواكب درجة حرارتها وظروفها الطبيعية تسمح بقيام حياة بشكل او بآخر .

ومن الممكن بالطبع ان تكون هناك حاليا حضارة أخرى في الفضاء تبحث عنا ـ او عن اي اذكياء أخرين يحتمل وجودهم في الكون ـ ويجب أن نقوم نحن ايضا بواجبنا في محاولة الاتصال بهم .

رسالة .. الى الكائنات الاخرى في الكون

اول مرة قام فيها الانسان بمحاولة جادة للاتصال بالكائنات الذكية في الكون ، كانت في ٣ مارس ١٩٧٢ عندما اطلقت المركبة الفضائية بايونير ١٠ Pioneer 10 من قاعدة كيب كيندي بالولايات المتحدة .

لقد كانت بايونير ١٠ هي أول « مختبر فضائي » يصمم خصيصا ، لاستكشاف كوكب المشتري ، وكانت الصعوبة الوحيدة التي تعترض الرحلة ، هي تلك الكويكبات الكثيرة التي تنتشر في المسافة الشاسعة بين كوكبي المريخ والمشتري ، مما قد يدمر المختبر الفضائي .

ولكن الرحلة تمت بسلام ، ووصل « المختبر الفضائي » بايونير ١٠ الى كوكب المشتري ، وبعد استكشافه وارسال المعلومات الى مراكز المتابعة في الارض ، اندفع « المختبر الفضائي » الى خارج المجموعة الشمسية ليظل ينطلق الى ما شاء الله ، بسرعة قدرها ٤٠ الف كيلو متر في الساعة ، وهكذا يصبح اسرع مركبة فضائية اطلقها الانسان .

ويعتقد علماء الفضاء ان مختبر الفضاء بايونير ١٠ ، لا بد وان ترصده حضارة ما في الكون ، بفرض ان هذه الحضارة لديها معلومات وامكانيات للسفر في الفضاء ، ومن ثم وضعت رسالة من أهل الارض .. الى الكائنات الذكية الاخرى في الكون . وقد وصفت هذه الرسالة بانها تشبه الرسائل التي كانت توضع في زجاجات فارغة ، وتلقى في مياه البحار والمحيطات بأمل ان يلتقطها شخص ما ، ولكن محيط الفضاء لا شك أكثر اتساعا بصورة مذهلة ، اذا ما قورن بأي محيط فوق الارض . وقد كان مسئولا عن تصميم هذه الرسالة ، العالم الفضائي الامريكي كارل ساجان . وفرانك دريك من وكالة الفضاء الامريكية (ناسا NASA) . ولقد وضعت الرسالة فوق عامود هوائي مختبر الفضاء بايونير ١٠ ، ويبلغ حجم الرسالة ١٥ × ٢٣ سنتيمتر ، وهي مصنوعة من سبيكة من الذهب والالومنيوم ، ذلك أن معدل تحلل هذين المعدنين ضعيف جدا في الفراغ الخارجي ، ويعتقد العلماء بان هذه اللوحة المنقوش عليها الرسالة ستظل دون فناء ، لملايين السنين .

وقد كتبت الرسالة باللغة المشتركة بين سكان كوكب الارض ، وبين اي كائنات ذكية في الكون ، انها لغة العلم .

ولكن ما هي محتويات هذه الرسالة الغريبة ؟

كما يتضح من الصورة (شكل -١٣) ، ففي اعلى اليسار محتويات ذرة الهيدروجين (ابسط ذرة في الكون) ، الكترون واحد وبروتون واحد . ومن المعروف ان ذرة الهيدروجين تبعث بنبضات لاسلكية طول موجتها حوالي ٢١ سنتيمتر (وهو يمثل المسافة) ، وذبذبة قدرها ١٤٢٠ مليون نبضة في الثانية (وهو يمثل الوقت) ، فهناك اذن رمز للزمن وللمسافة .

وحيث ان ذرة الهيدروجين هي اكثر الذرات انتشارا في الكون، وبفرض أن مفهوم الفيزياء لا يتغير في كل انحاء الكون ، فانه من المعتقد ان تصل الكائنات الذكية في اي كوكب اخر ، الى ادراك

مفهوم هذا الجزء من الرسالة . وعلى يمين الرسالة نجد الرقم الثنائي الحسابي (Binary) ٨ (وهو يمثل بالرقم ١٠٠٠) بين أ ، ب وهي التي تحدد طول مختبر الفضاء ، وبضرب هذا الرقم (٨) بمسافة طول موجة الهيدروجين (٢١ سنتيمتر) ، فيكون الناتج ١٦٨ سنتيمتر وهو طول مركبة الفضاء التي يبدو رسمها خلف صورة الرجل والمرأة . أما الدوائر التي تظهر في أسفل الرسالة ، فهي تمثل كواكب المجموعة الشمسية ، وتظهر الشمس في أقصى اليسار وعلى يمينها الكواكب التسعة . ويبدو من الرسالة أن مختبر الفضاء قد أطلق من الكوكب الثالث من الشمس (كوكب الارض) ، ثم خرج من نطاق المجموعة الشمسية بعد أن مر بالكوكب السادس (كوكب المشتري) ، وانطلق الى الفضاء الخارجي .

أما نموذجا سكان الارض ، الرجل والمرأة ، فيبدو طولها واضحا انه حوالي طول مختبر الفضاء ، أي ١٦٨ سنتيمتر . أما الرجل فيرفع يده اليمنى .. علامة السلام . وحيث ان البحث عن المخلوقات العاقلة في الفضاء ، يعبر عن حلم قديم للانسان لذا يحاول علماء الفضاء دائما ان يحولوا هذا الحلم الى حقيقة . وكان اخر هذه المحاولات ، اطلاق فوياجر ــ ٢ Voyager-2 في شهر سبتمبر ١٩٧٧ ، وهي أكثر تطورا من بايونير ــ ١٠ وأيضا مهمتها البحث عن الحياة العاقلة داخل بلايين الكواكب المنتشرة في الفضاء ، انها أطول رحلة في تاريخ البحث العلمي ، فسوف تقطع فوياجر ــ ٢ مسافة طولها ٥٨٨٠ مليون كيلو متر لتصل الى أبعد كواكب مجموعتنا الشمسية ، ثم تواصل بعد ذلك مسيرتها الكبرى خارج حدودنا الفضائية لتقطع البلايين من الكيلومترات ، تبحث بأمل وقلق عن مخلوقات ذكية تستجيب لنداء أهل الارض في الاتصال بالكائنات الاخرى للكون .

والواقع أن الجانب الانساني لهذه الرحلة الكبرى ، يتمثل في رسالة هيئة الامم المتحدة التي تقول (تحياتنا نرسلها لكم نيابة عن أهل كوكبنا ، لقد انطلقنا خارج مجموعتنا الشمسية لاهداف

سلمية ، ولا نسعى الا للسلام والصداقة) .. وتلك كلمات عميقة ، ربما تجد من يقرؤها في الفضاء فيحدث اكبر وأروع لقاء في تاريخ كوكب الارض . والجانب العلمي الكبير لهذه الرحلة ، يكمن في الاجهزة المتطورة التي تحملها فوياجر — ٢ وتعتبر أحدث ما اكتشفه العلم من الاجهزة الالكترونية ، ويشرف عليها ستة حاسبات الكترونية (كومبيوتر) ، كما تستمد طاقتها من ثلاثة مولدات نووية ان هذه الرحلة التاريخية تعتبر من اهم المنجزات العلمية في عصر الفضاء .

الاقزام السابحة في الفضاء

ان تلك المجموعة الغريبة من الاجسام الصغيرة التي تنتشر كبحر بلا حدود ، بين كوكبي المريخ والمشتري ، تستحق منا بعض المناقشة والتامل . ومما لا شك فيه ان هذا الشريط من الكويكبات Asteroids سيحظى بنصيب من عمليات الاستكشاف ، لا يقل عن نصيب اي كوكب من كواكب المجموعة الشمسية . وهذه العائلة من الكويكبات ، اطلق عليها علماء الفلك اسم (وباء السماء) عندما ضاقوا ذرعا بها ، بسبب ما احدثته لهم من مضايقات اثناء عمليات تصوير الاجرام السماوية البعيدة . ولقد عرف — حتى الوقت الحاضر — حوالي عشرين ألفا من هذه الكويكبات تتراوح احجامها بين كيلو متر واحد و ٨٠٠ كيلو متر ، والراي الراجح عند العلماء ان هناك الملايين منها ولكنها من الصغر بحيث لا يمكن رصدها .

وتدور هذه الكويكبات في مدار حول الشمس ، كمجموعة من الفتات الكوكبي .. أقزام سابحة في الفضاء ، تسبب الحيرة في تفهم طبيعتها ومم نشأ وتشكل لغزا يحير العلماء . ومعظم هذه الكويكبات، صغيرها وكبيرها ، موزعة في شريط كبير حول الشمس ، وليس هذا التنظيم ككل هو الذي يتخذ له مدارا حول الشمس ، بل ان كل واحدة من هذه الكويكبات له مداره الخاص به ويدور فيه حول الشمس ، كأنما لا يربطه بالمجموعة أية رابطة ومن ثم يظهر هذا الشريط بشكل غير منتظم .

ويتزايد عدد الكويكبات في اتجاه مركز الشريط ، ثم تخف كثرتها تدريجيا ، ولكن لا تبلغ درجة تكثفها في أكثر المناطق ازدحاما حدا يعوق سفن الفضاء ، اذ من الممكن أن تمر خلالها عشرات المرات دون أن تصادف كويكبا واحدا .

وقد اكتشفت هذه الكويكبات ، عندما اتضح من الدراسات الفلكية أن المسافة بين مدار المريخ ومدار المشتري ، تبدو غريبة تتعارض مع ذلك التوافق القائم بين ابعاد الكواكب الاخرى في المجموعة الشمسية ، وفي هذا الموقع الذي يتميز بعد التناسق الهندسي لنظام المجموعة الشمسية . اكتشف شريط الكويكبات لاول مرة في عام ١٨٠١ .

وقد لاحظ علماء الفلك عدم الانتظام في مدارات هذه الكويكبات ، التي تبدو كأقزام وسط عالم من العمالقة ، وهنا بدأ التساءل عن احتمال حدوث اصطدامات بسبب تقاطع مدارات هذه الكويكبات بمدارات الكواكب التسعة الكبرى . والحقيقة انه ليس من المستبعد أن تحدث مثل هذه الاصطدامات في وقت من الاوقات ، الا أن القوانين الفلكية لا ترجح هذا الاحتمال ، اذ أن تحركات الكواكب الكبرى لا تحدث جميعها في مستوى واحد ، كما ان مدار اي كويكب لا يقع في مستوى مدار كوكب الارض أو في مستوى مدار اي كوكب اخر في المجموعة الشمسية .واذا حدث واقترب كويكب في مداره من الارض ، فانهما لن يتقابلا بل سيمر الواحد منهما فوق الاخر بمسافة هائلة .

ولا توجد وسيلة لتجميع المعلومات عن هذه الاقزام السابحة في الفضاء ، بين كوكبي المريخ والمشتري ، الا بتجميع فتات الحقائق عن طريق الارصاد المتناثرة من فوق الكرة الارضية .

واول مشكلة تقابل علماء الفلك ، في دراسة هذه الكويكبات ، هو مدى الصعوبة في محاولة دراسة اشكال هذه الاجسام الفضائية الصغيرة ومعرفة تكوينها . فمن المعروف أن اي جسم في الفضاء

يبلغ حجمه وكثافته قدرا معينا ، لا بد وأن يتخذ شكلا كرويا ان آجلا أو عاجلا ، وذلك بتأثير عوامل الجاذبية الذاتية ، فتتشكل أركانه وسطحه ثم تعمل قوى الجاذبية الطبيعية فيه على تحطيم الاطراف البارزة وجذب فتاتها الى الاماكن الغائرة ، وهكذا تعمل تدريجيا على استدارة الاحرف الحادة حتى يصبح الجسم الفضائي كروي الشكل .

اما بالنسبة لشريط الكويكبات ، ولانها صغيرة الحجم للغاية ، فانها لا تمتلك من قوى الجاذبية ما يمكنها من التغلب على قوى الشد فيها ، ومن ثم فهناك كويكبات مربعة أو مدببة أو مثلثة أو مستطيلة ، أو على أي شكل اخر وجدت فيه منذ تكونها .

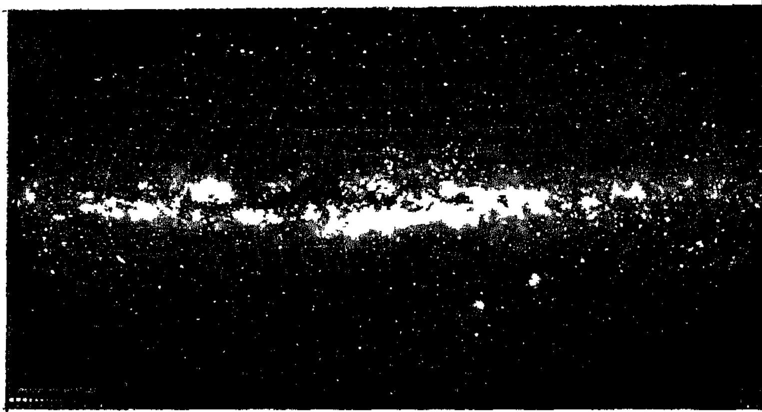
وتوجد فعلا بعض الكويكبات بأشكال غير منتظمة ، كما ان اسطحها غير مستوية ومن ثم فان هذه الاجسام الفضائية تعكس الضوء بشكل يختلف عن باقي الاجرام التي تسبح في الفضاء ، فبينما يعكس بعضها الاضاءة الساقطة عليه بشدة ملحوظة ، نجد أن البعض الاخر منها لا يعكس الا ضوءا خافتا لايكاد يرى .

وتتوقف قوة انعكاس الضوء من فوق سطح الكوكب ــ الذي ليس له غلاف جوي ــ على تركيب المواد المكونة للسطح وعلى لونه ، ولذلك نجد أن السطح المغطى بطبقة من الجليد قادر على عكس الاضاءة الساقطة عليه ، بدرجة أكبر من سطح مسامي من الصخر الاسود .

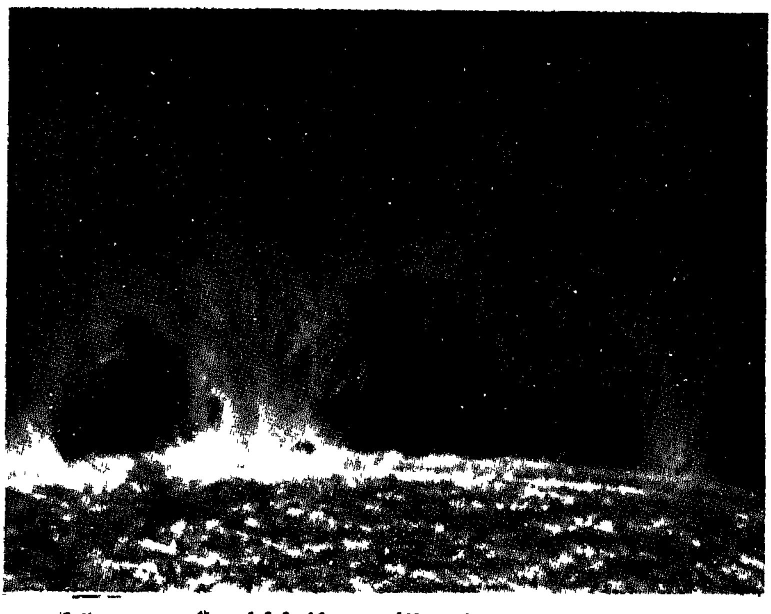
ولقد اتضح لعلماء الفلك أن بعض الكويكبات تعكس ضوءا شديدا ، لا يتناسب مع أحجامها بدرجة اعتقدوا معها ، بانها مغطاة بطبقة من الجليد ، بينما شوهدت اخرى تعكس ضوءا خافتا ، مما دعاهم الى الاعتقاد بأن سطوحها تتكون من صخور مسامية لا تعكس الاضاءة ، أو انها على درجة من الوعورة بحيث لا تعكس سطوحها في الاتجاهات المناسبة .

ويتساءل علماء الفلك ايضا .. كيف تكونت هذه الاقــزام الفضائية ؟ تقول نظرية حديثة ، بأن هذه الاجسام الفضائية الصغيرة ماهي الا فتات لكوكب هائل انفجر ، فهي تفترض أن كوكبا كان موجودا بين كوكبي المريخ والمشتري ، وكان شبيها بهما ثم حدث انفجار ـ بسبب مجهول ـ اودى به وحطمــه الى قطع متناثرة أصبحت كويكبات تدور في شريط غير منتظم حول الشمس .

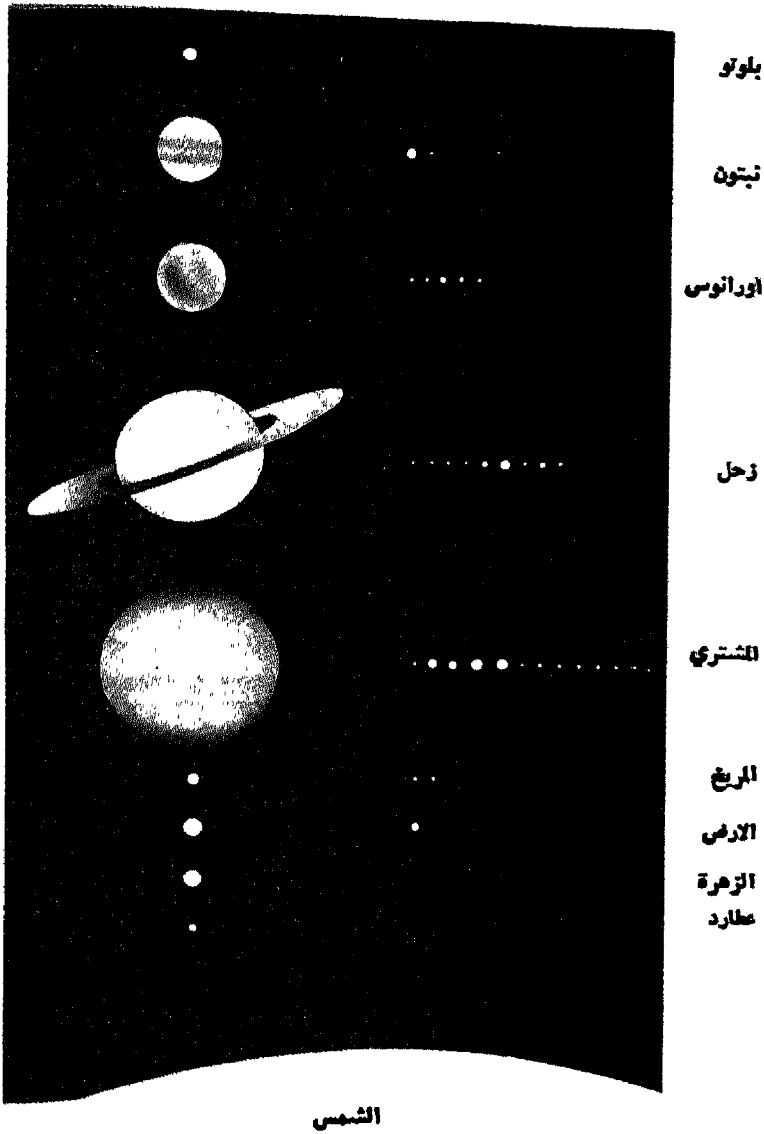
ومهما يكن أصل هذه الاقزام السابحة في الفضاء ، فاننا نعلم القليل عن المادة التي تتكون منها ، ويغلب انها تتكون من نفس المادة التي يتكون منها كوكب الارض . فما هي الا قطع من الصخر والمعادن المختلفة من كل الاحجام ، ولا يمكننا ان نقطع على وجه الدقة اي المعادن موجودة بها ، قبل أن نذهب الى هناك ونكتشفها بانفسنا .



(شكل ـ ٨) مجرة الطريق اللبني



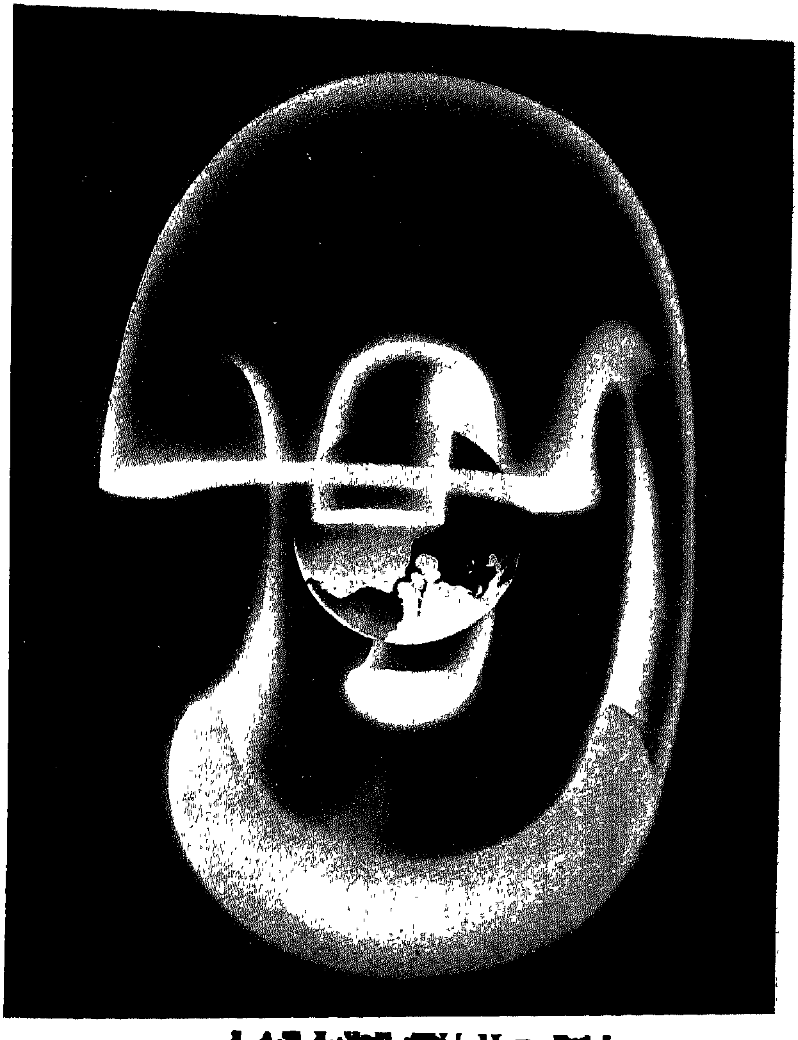
(شكل ـ ٩) السنة الغاز في الشمس يبلغ طولها حوالي ٢٠٠،٠٠٠ كم



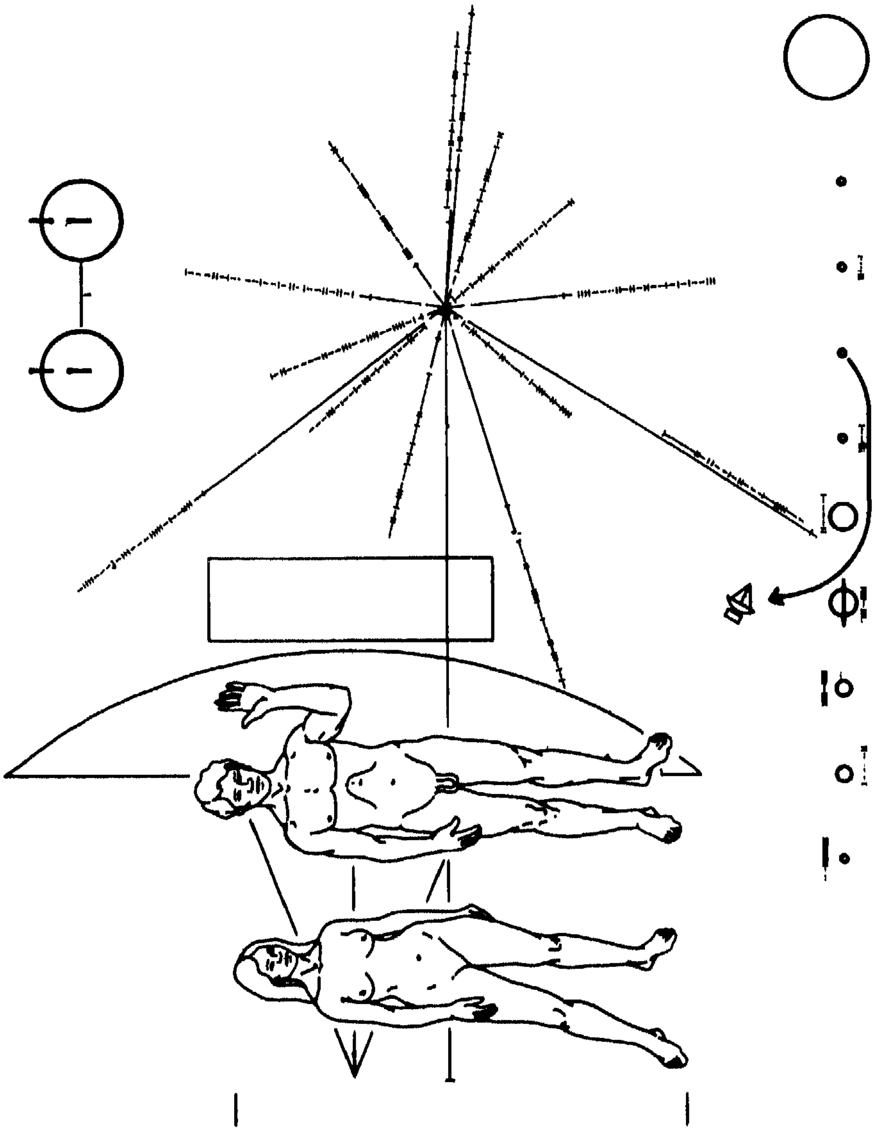
(شكل ـ ١٠) المجموعة الشمسية



(شكل ـ ١١) مَجرة الطريق اللبني ومكان مجموعتنا الشمسية



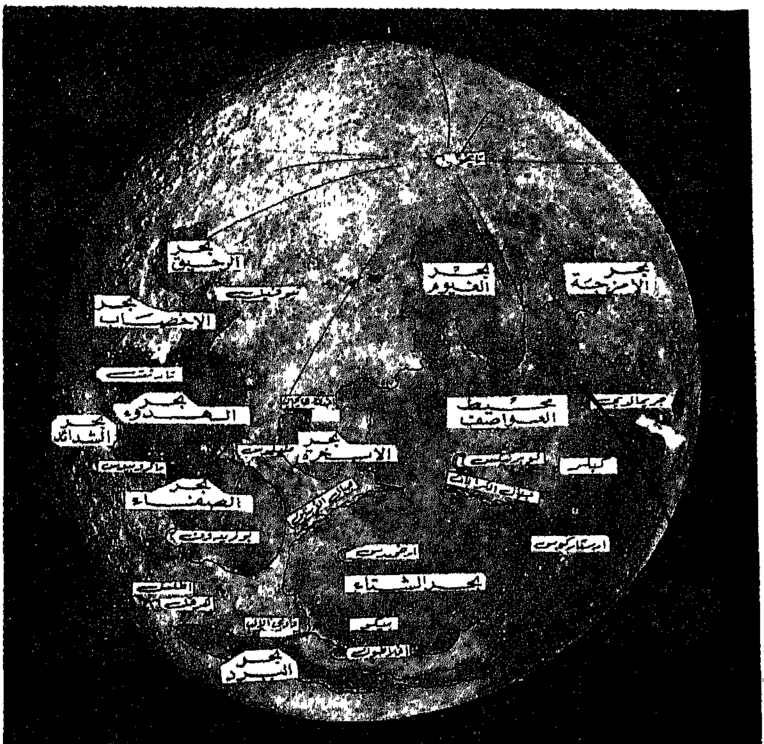
(شكل – ١٢) مثال الجمالية الرقمية



(شكل ـ ١٣) رسالة كوكب الارض الى الكائنات العاقلة في الكون



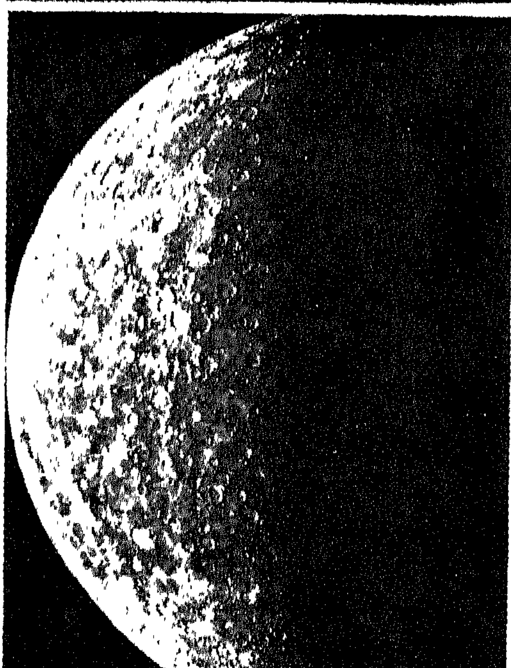
(شكل ـ ١٤)   الشهاب



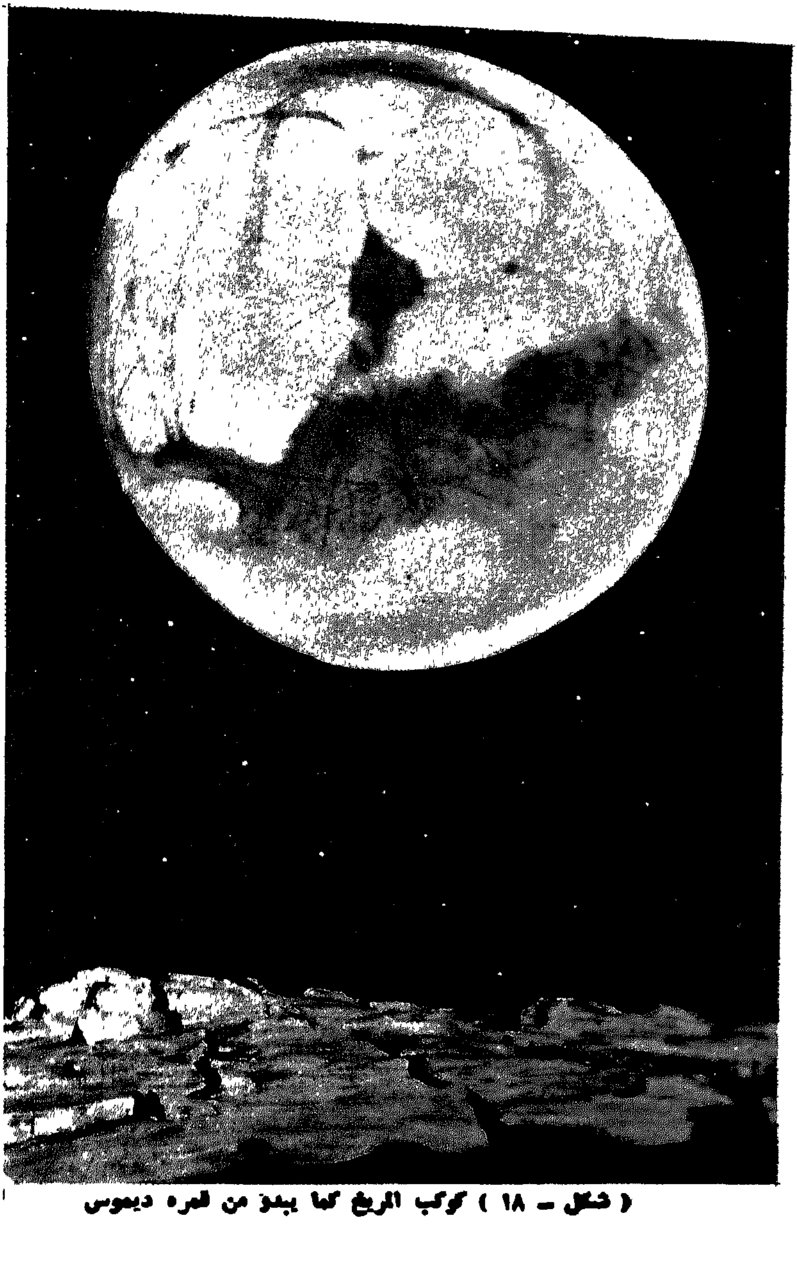
(شكل ـ ١٥) تفاصيل أجزاء القمر (الوجه المقابل للارض)



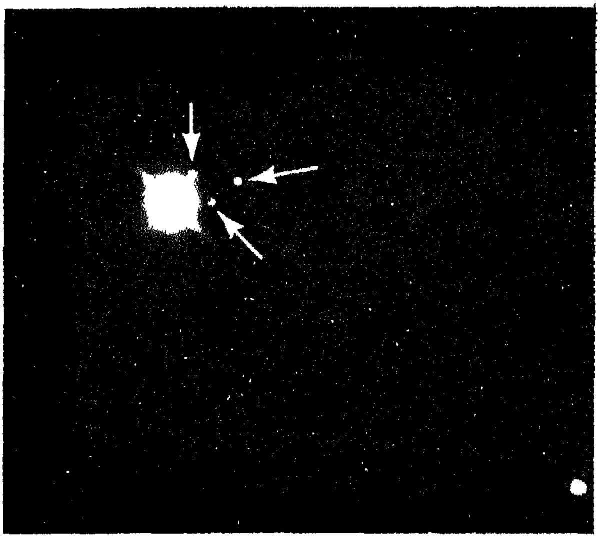
(شكل ــ ١٦)
كوكب الزهرة



(شكل ــ ١٧) كوكب عطارد



(شكل ـ ١٨) كوكب المريخ كما يبدو من قمره ديموس



(شكل ـ ١٨) اورانوس وثلاثة من اقماره



(شكل ـ ١٩) نبتون وقمره ترايتون

٣
علم الفلك الراديوي

دراسة ضوء النجوم

كانت طبيعة الضوء ، سرا من الاسرار بالنسبة للفلكيين القدماء ، حتى جاء السير اسحق نيوتن واكتشف في عام ١٦٦٦ ان شعاعا ابيض من الشمس ، يتحلل الى عدة الوان تكون قوس قزح . ولا شك اننا جميعا نعرف قوس قزح ذا الالوان الزاهية التي تتدرج من الاحمر الى البرتقالي فالاصفر فالاخضر فالازرق فالنيلي ثم البنفسجي .

ولقد تمكن نيوتن من احداث قوس قزح في مختبره ، بأن امر شعاعا ضوئيا في منشور زجاجي ، فخرج الضوء وقد تفرق الى هذه الالوان ، وتسمى مجموعة الالوان التي يتفرق اليها الضوء بالطيف المرئي Visible Spectrum ، ويفسر حدوث هذا الطيف بأن الضوء القادم من الشمس مثلا او من اي مصدر ضوئي اخر ، يتكون من الموجات ذات الترددات المختلفة (اي عدد الذبذبات الحادثة في الثانية الواحدة) . وتسير هذه الترددات بسرعة واحدة في الفضاء ، ولكن تختلف سرعة كل منها عن الاخرى عندما تمر في وسط اكثف من الهواء، فتنكسر وتخرج في مجموعات طبقا لتردداتها، وتردد الموجة هو في الحقيقة الذي يحدث في العين الاحساس بالالوان .

ولقد تطورت طرق قياس الطول الموجي ، ومن ثم الترددات للاضواء المنبعثة من المصادر المختلفة ، بواسطة جهاز المطياف او جهاز التحليل الطيفي Spectroscope . فقد وجد ان العناصر عندما تتوهج وهي في حالتها الغازية ، تبعث باشعاعات تتركب من

مجموعات محددة من الترددات مميزة لها ، ولكل عنصر تردداته الخاصة به . وقد هيأت هذه الظاهرة طريقة سهلة ودقيقة للتعرف على النجوم ، التي نجهل تركيبها والتي تبعد عنا مسافات شاسعة في الفضاء ، فالضوء ليس رسولا ينقل لنا الصورة العامة للاشياء ، كما نتوقع منه ، فحسب بل انه ينقل الينا ايضا تفصيلات تركيبها وحركاتها . قد لاحظ العالم الالماني فراونهوفر عام ١٨١٤ ، أن ثمة خطوطا سوداء في طيف الشمس واتضح له أن معنى هذه الخطوط هو أن عناصر معينة في جو الشمس قد امتصت الضوء من الطيف ، وبسبب ذلك ظهرت هذه الخطوط السوداء . وبتحديد مواقع تلك الخطوط من الطيف كله ، امكن تعيين الاطوال الموجية للاضواء التي اختفت من طيف ضوء الشمس اثناء رحلته من سطحها الى الارض . ووجد فراونهوفر انها مطابقة للاطوال الموجية للاضواء التي تبعث بها ابخرة عناصر من تلك المعروفة على الارض ، وبذلك امكن معرفة العناصر الموجودة في جو الشمس .

وهكذا ، وللمرة الاولى ، لم تعد النجوم مجرد نقط صغيرة متوهجة من الضوء ، بل أجراما سماوية لها ميزاتها التي تنفرد بها ، ومع ازدياد كفاءة الادوات المستخدمة في تحليل الضوء ، اصبح علم التحليل الطيفي فرعا لا غنى عنه من فروع الفلك ، وقد بنيت على اكتشافات الفرع العديد من النظريات الحديثة عن الكون .

ومن دراسة أطياف الاضواء الصادرة عن النجوم ، استطاع علماء الفلك أن يتبينوا انها تحوي نفس العناصر المعروفة لنا على الارض، كالحديد والكالسيوم والمغنسيوم والاوكسجين والهيدروجين والصوديوم .. الخ .

طاقة من اعماق الفضاء

ان تطور مفاهيم الانسان عن الكون قد حدث ببطء شديد خلال تتابع السنين ، كان كالطفل يتعثر في خطاه ، والدرس كان عسيرا . فالفضاء يكشف عن اسراره بتقتير شديد ، فلا يزال

المعروف عن النجوم اقل بكثير مما يرغب العلمـاء ، ومهما يكن الغموض الذي جابه علماء الفلك فهناك اجسام كونية غريبة ما زالت تحيرهم ، اكثر من غيرها ، مثل الكوزارات أو اشباه النجوم .

وعندما قام علماء الفلك ــ اثناء دراستهم للكون ــ بتحليل اضواء المجرات المجاورة لنا نسبيا، وجدوا أن لها اطياف امتصاص، اي مجموعات من الخطوط السوداء (خطوط فراونهوفر) الناجمة عن مختلف العناصر التي تحتويها . وكانت هذه الاطياف شبيهة باطياف الشمس والنجوم القريبة ، وهذا يدل على انتظام وتجانس اكيد في المادة ، ليس على مستوى المجرات فحسب ، بل بالنسبة للكون جميعا .

في عام ١٩٢٩ لاحظ العالم الفيزيـائي ادوين هبـل Edwin Hubble امرا عجبا ، فقد ظهرت له خطوط اطياف المجرات البعيدة منزاحة نحو اللون الاحمر من الطيف ، بشكل منظم ودائم ، وكذلك ازدادت كل اطوال امواج الاشعاعات ، وكانت هذه الزيادة اكبر كلما كان بعد المجرة عنا اكثر .

وقام العالم هبل بدراسة اكثر من مائة وخمسين مجرة ، وتبين له ان ثمة قانونا يمكن استنباطه من هذه الدراسة ، وهو أن ازاحة خطوط الطيف نحو اللون الاحمر يتناسب طرديا مع بعد المجرة .

وبعد تجارب عديدة ، اتضح للعلماء انه كما تنخفض طبقة الصوت عندما يبتعد مصدره ، كذلك ينبغي تفسير ازاحة الخطوط الطيفية نحو الامواج الطويلة (الاحمر) ، بان المصدر اي المجرة يبتعد عنا .

ان معظم معلوماتنا عن الاجسام الفضائية ، امكن الحصول عليهـا من تحليـل الضـوء ، والاشـكال الاخـرى للاشـعاعات الكهرومغناطيسية (التي تنتج من تفاعل الجزيئات المشحونة ــ غالبا الكترونات ــ مع المجالات المغناطيسية في الفضاء ، ومن ثم فهي

تحتوي على مجالات مغناطيسية وكهربية) ، مثل موجات الراديو والاشعة السينية والاشعة تحت الحمراء .. الخ ، واذا كان الضوء هو اساس الكثير من الدراسات الفلكية وهنـا نتساءل ، مـا هي طبيعة الضوء ؟

ان الضوء هو شكل من اشكال الطاقة Energy وجزء مـن الاشعة الكهرومغناطيسية Electromagnetic ، وهو يتكون من وحدات يطلق عليها اسم الفوتونات Photons وكل منها تحتـوي على نبضة طاقة .

وتختلف كمية الطاقة حسب طبيعة الفوتون ، فالفوتـون الخاص بالاشعة السينية له من الطاقة ما يساوي تريليون (مليون مليون) مرة ، قدر فوتون موجات الراديو . ان الاشعاع يتكون من وحدات فردية يطلق عليها اسم « كم » Quantumاو الفوتون ، واذا ما تجمع عدد كاف منها ، فانها ترتب نفسها في شكل موجي . وموجة كل نمط من الاشعاعات لها طول خاص لها ، ومن ثم فاننا نتعرف على الاشعاع باطوال موجاته ، فمثلا الاشعاعات ذات الموجات الطويلة (من بضعة آلاف من الامتار الى نحو عشر سنتيمتر) هي الموجات الراديوية Radio Waves ، أما الاشعاعات التي تبلغ اطوال موجاتها (من عشر سنتيمتر الى ثمانية اجزاء من مائة الف جزء من السنتيمتر) هي الاشعة تحت الحمراء أي الاشعة الحرارية Infra Red ، والاشعة التي تلي ذلك (من ثمانية من مائة الف الى اربعة من مائة الف من السنتيمتر) هي الضوء المرئي Visible Light .

وتشمل الاشعة فوق البنفسجية Ultraviolet ، تلـك الاشعاعات التي تبلغ اطوال موجاتها (من أربعة من مائة الف الى واحد من مليون من السنتيمتر) ، ويأتي بعد ذلك مدى الاشعة السينية أو اشعة اكس X Rays (من واحد من مليون الى واحد من الف مليون من السنتيمتر) ، والاشعة التالية لذلك في قصر الموجة هي المعروفة باسم اشعة جاما Gamma Rays (وتقل طول موجاتها عن واحد من الف مليون من السنتيمتر) .

ومما هو جدير بالملاحظة ان طول الموجـة ، يتناسب عكسيا مع ترددها أي أن الموجات ذات التردد العالي تكون أطوالها قصيرة والعكس صحيح .. كما أنه كلما قصر طول الموجة ، زاد نشـاط وحداتها (أي الفوتونات) ، وهذا هو السبب في أن أشعة جاما والاشعة السينية وحتى الاشعة فوق البنفسجية ، شديدة الاتلاف لانسجة الكائنات الحية ، في حين ان الاشعة الراديوية (طـويلة الموجة) لا تؤذيها اطلاقا .

ويمكن تلخيص الموجات واطوالها فيما يلي :

نلاحظ من (الشكل ــ) أن الضوء المرئي يمثل جزءا يسيرا جدا من مدى الاشعة الكهرومغناطيسية بين موجات الراديو واشعة جاما ، اي أنه من بين هذا المدى الواسع في طول الموجات ، مـن الموجات الراديوية الى أشعة جاما ، لا تتأثر حاسة البصر عنـد الانسـان الا بشريط ضيق جدا .

سر الطيف العجيب

ما دامت المسافات الهائلة التي تفصل بين النجوم تعد بآلاف الملايين من الكيلو مترات ، فان سرعات تحركها قد تصل الى مئات الكيلومترات في الثانية الواحدة . ولقد تدخل علم الفلك الحديث في قياس سرعات النجوم ، بدقة بلغت حدا كبيرا لا يتجاوز الجزء البسيط من الكيلو متر في الثانية ، وذلك باستخدام أطياف الضوء الصادر من كل نجم .

وكما أن دراسة الطيف ، كانت وسيلة علماء الفلك لمعرفـة العناصر التي تكون النجوم ، فكذلك كان الطيف وسيلتهم لقياس سرعة حركة النجوم . ولقد لعبت نظرية طبيعية يطلق عليها نظرية دوبلر Doppler دورا رئيسيا في هذا المضمار ..

ونظرية دوبلر (او اثر دوبلر كما يطلق عليها احيانا) نشات عندما لاحظ هذا العالم ، أن الموجات الصوتية تزداد حدتها اذا

كانت صادرة من جسم يتحرك نحو الراصد ، بينما تخفت اذا كانت الموجات صادرة من جسم يتحرك بعيدا عنه . ومعنى ذلك عمليا ، أن الموجات الصادرة من جسم متحرك تقصر فتزداد حدتها ، اذا كانت مقتربة . وعلى العكس ، تطول موجاته وتخفت حدتها اذا كانت مبتعدة. وحيثان الضوء ينتشر في موجات تشبه موجات الصوت في كثير من الخواص ، والضوء الذي ينطلق له طول موجة معين ، وطول الموجة في الضوء يناظر الطبقة في الصوت ، وطبقة الضوء هي تماما ما نقصده باللون . وقد لوحظ أن الذرات التي يعتريها نفس التغير في الوضع ، تصدر ضوءا من نفس اللون ، ويصف العلماء هذا الحدث بقولهم ان الذرات تصدر خطا طيفيا .

وعندما تكون الذرات التي تصدر الضوء متحركة ، فان لون الضوء الذي نستقبله منها يتغير تبعا لاتجاه الحركة ، فاذا كانت تلك الذرات متجهة نحو الراصد فان طبقة الضوء ترتفع أي تزداد في طول موجاتها أي تنزاح نحو اللون البنفسجي ، تماما كما يرتفع صوت القطار عندما يكون مقتربا منا . وبالعكس ، تنخفض طبقة الضوء أي تزداد موجاتها طولا أي تنزاح نحو اللون الاحمر عندما تكون الذرات مبتعدة عن الراصد ، وليس الامر مقصورا على ذلك بل أن الدرجة التي ترتفع بها الطبقة أو تنخفض ، تتوقف على السرعة التي تتحرك بها الذرات نحو الراصد أو بعيدا عنه ، فكلما زادت السرعة زادت الازاحة في الطيف .

وهذا يفسر الطريقة التي يستخدمها علماء الفلك ، لتقدير سرعات النجوم والمجرات في الكون ، اذ أن قياس خطوط الطيف التي يستقبلها الراصد من المادة الموجودة بجو النجم ، أو بسحابة الغاز الكوني ، تمكن الراصد من معرفة ما اذا كان قد حدث تغير في الدرجة والى اي مدى . ومن قياس الازاحة ، نستطيع بسهولة تقدير السرعة التي يتحرك بها النجم او المجرة او سحابة الغاز الكوني .. وعندما شاهد علماء الفلك أطيافا مختلفة للنجوم ، لاحظوا تغير مواضع خطوط الطيف عليها مما يدل على تحركها ،

فاستدلوا من ذلك على اتجاه حركة النجوم باستخدام نظرية دوبلر ، التي تقول باختصار ـ كما سبق وذكرنا ـ انه عندما تنتقل الخطوط في الطيف الى ناحية اللون البنفسجي ، فذلك يعني انها نجوم أو مجرات تقترب من الراصد ، لان موجات اللون البنفسجي موجات قصيرة . اما النجوم والمجرات التي تنتقل خطوط طيفها الى ناحية اللون الاحمر فهي تتحرك مبتعدة عن الراصد .

وبمقارنة تحركات الخطوط في الطيف لنجم معين أو لمجرة محددة ، مع طيف اخر معروف تحركه وسرعته ، يمكن تقدير سرعة النجم الجديد المتحرك او المجرة السابحة في الفضاء .

وعندما تحدث الازاحة ناحية اللون الاحمر Red Shift ، فان العلماء يطبقون أثر دوبلر ويستنتجون منه أن النجم أو المجرة تبتعد عن الراصد ، وقد تكون الازاحة في ضوء النجم المرصود صغيرة الى حد يصعب معه على العين البشرية ، أن تلحظ ذلك التغير الطفيف في موضع الخط الطيفي ، وقد يفترض العالم الفلكي في هذه الحالة أن السرعة التي تدل عليها هذه الازاحة لا تتجاوز بضعة كيلو مترات في الثانية .

ولكن الازاحة في ضوء المجرات المرصودة أكثر من ذلك بكثير ، والخطوط الزرقاء تنزاح بطبيعتها على طول الطيف كله فتصبح حمراء .. واذا كانت هذه الازاحة عائدة الى أثر دوبلر ، فان المجرة اذن تكون ذا سرعة هائلة تقدر بآلاف الكيلو مترات في الثانية ، وهي تبتعد عنا .

وكان هناك دائما شك يراود أذهان علماء الفلك ، فيما يتعلق بخطوط الازاحة ، حتى أن العالم هابل الذي وقف حياته على دراسة المجرات وأطيافها ، أطلق على هذا الاثر (الازاحة الحمراء) بدلا من أن يسميه (تباعد المجرات) ، لان الازازحة نحو اللون الاحمر ظاهرة لا سبيل الى انكارها ، ولكن تفسيرها يحتمل بعض الشك .

ومهما يكن من امر ، فان علماء الكون Cosmologists في خلال السنوات الثلاثين الاخيرة ، قد أوضحوا ان تمدد الكون بشكل عام أمر محتمل ، وان في وسعنا ان نؤكد ان المجرات تتباعد عنا بسرعة هائلة .

وهناك صعوبات عديدة في قياس الدرجات المتطرفة للازاحة نحو اللون الاحمر من الطيف ، فالضوء القادم من مجرة ما تضعفه المسافة الشاسعة وتقلله الازاحة نفسها ، واذا اصيبت فوتونات الضوء بتناقص في ذبذبتها ، فانها تفقد طاقتها كنتيجة لهذا ومن ثم يصبح اكتشافها امرا تكتنفه الصعوبات .

وليس لنا اي أمل في رؤية اية مجرة وهي تسرع مبتعدة عنا ، وذلك لان الطاقة المنبعثة منها لن تصل الينا ، فالفوتونات ستبلغ غاية الضعف نظرا لسرعة المجرة في الابتعاد عنا .

والضوء الضعيف الآتي من المجرة يجب ان يجمع بعناية فائقة ، وان يتم الاستفادة منه بشكل فعال ، فتجمع الفوتونات بانعكاسها على مرآة مصقولة صقلاً متقنا ــ كمرآة الخمسة امتار في مرصد بالومار بالولايات المتحدة ــ ثم تجمع في بؤرة وتمرر خلال مطياف وتركز على لوحة تصوير غاية في الحساسية . وهذا النوع من اللوحات حساس الالوان Panchromatic . وبرغم هذا فعلماء الفلك ــ حتى ولو توفرت لهم ادق الاجهزة ــ يحتاجون الى ساعات عديدة يعرضون فيها اللوحة للضوء اذا شاءوا تسجيل الازاحة نحو اللون الاحمر ، من مجرة سحيقة البعد .

ولما كان علماء الفلك يرون في (احمرار) المجرات البعيدة برهانا على ابتعادها ، ولما كانت هذه الظاهرة تبدو وتتجلى في جميع ارجاء الفضاء ، فلا بد من افتراض ان الكون في حالة تمدد جبار . وعندما تغوص اجهزة الرصد في اعماق الفضاء البعيد ، تتضح ظاهرة الازاحة نحو اللون الاحمر بشكل واضح ، وذلك لان تحليل

الطيف يظهر تناسبا دقيقا بين الابتعاد وبين ازاحة خطوط الطيف ، الى حد اننا الان نستطيع تقدير ابعاد المجرات بمجرد فحص اطيافها .

فاذا فرضنا سرعة تبلغ ٢٤ كيلو متر / ثانية في حالة بعد قدره مليون سنة ضوئية ، فذلك يعني أن المجرة الواقعة على بعد ٥٠٠ مليون سنة ضوئية ، تبتعد عنا بسرعة ١٢ الف كيلو متر / ثانية ، وتبلغ السرعة ١٢٠ الف كيلو متر في الثانية على بعد ٥٠٠٠ مليون سنة ضوئية .

وفي عام ١٩٦٢ تمكن العالم الفلكي منكوفسكي من رصد مجرة يطلق عليها (3C 295) من مرصد بلومار ووجد أن سرعتها في الابتعاد عنا تبلغ ١٣٥ الف كيلو متر / ثانية أي ٤٥٪ من سرعة الضوء ، وقدر هذه السرعة لان الخط الطيفي المزدوج فوق البنفسجي للاوكسجين ، وطول موجته ٣٧ وميكرون (الميكرون جزء من ألف من المليمتر) قد انتقل الى الاحمر (٥٤ر ميكرون) .

ولا تظهر الازاحة نحو الاحمر في مجموعة المجرات المحلية (اي اقرب ١٧ مجرة الى مجرتنا) ، لكنها تظهر وتتزايد كلما اوغلنا في الفضاء . وهناك تناسب تقريبي بين السرعة والمسافة ، فالسرعة تتزايد بمقدار ٣٢ كيلو متر في الثانية لكل ابتعاد مقداره مليون سنة ضوئية في الفضاء .

ولا يمكن أن يستمر هذا الامر الى ما لا نهاية ، لان سرعة الضوء (٣٠٠ الف كيلو متر في الثانية) وهي في نظر علماء الفيزياء ، سرعة حدية لا يمكن أن يصل اليها جسم مادي . ففي حالة افتراض أن سرعة الابتعاد تتناسب دائما مع بعد المسافة ، فان سرعة ابتعاد مجرة ما تصل نظريا الى سرعة الضوء اذا كانت تقع على بعد ١٣ بليون (الف مليون) سنة ضوئية منا ، ويعني ذلك انه على هذا البعد لا تبقى للكون آثار ، اذ يقدر العلماء عمر الكون بعشرة بلايين سنة ضوئية فقط .

نظرة بالعين الراديـوية

كانت النجوم توصف منذ قديم الزمن بانها ثوابت لا تتحرك ، ذلك انها تظهر كما لو كانت مثبتة في مكان محدد بالسماء . وبالرغم من هذا الوضع الظاهري ، فهي تتحرك بسرعات هائلة في الفضاء ، ويرجع السبب في ان العين المجردة لا يمكنها اكتشاف هذه الحركة ، الى ان النجوم بعيدة جدا لدرجة انها يجب ان تتحرك مسافة هائلة حتى يتم الاحساس بتغير ملحوظ في مواقعها .

ولقد سبق بيان كيفية الاستدلال من نظرية دوبلر ، على مدى سرعة النجوم وذلك بدراسة خطوط الطيف ، وتسمى هذه بالسرعة الخطية وهي احدى الطرق التي تستخدم لتحديد سرعة النجم واتجاهه ، اما الطريقة الثانية فهي عبارة عن اتجاه حركة النجم عبر خط البصر وتسمى بالسرعة المماسة .

ويمكن اكتشاف الحركة المماسة وقياسها عن طريق تصوير النجم ثم انتظار بضع سنوات ، واعادة التصوير مرة اخرى ، ومن مقارنة الصورتين يتضح لنا التغيير في موقع النجم ، بالنسبة لخلفية النجوم البعيدة جدا التي لا تظهر لها في هذه الفترة القصيرة اية حركة مماسية .

لقد ظل علماء الفلك ــ على مدى سنين عديدة ــ يشعرون بشيء من الفخر ، اذ يرون أن في وسعهم احصاء عدد من النجوم اللامعة في السماء احصاء دقيقا ، ولكنهم كانوا يرون جزءا يسيرا من الكون العظيم . ففي الفضاء المظلم بين النجوم ــ الفضاء الذي كان يظن انه خواء منذ القدم ــ أصبح معروفا بانه يحتوي العديد من الاجسام الفضائية التي تشع موجات راديوية لا تراها العين البشرية . فمن مشاهدة عارضة لظاهرة طبيعية غريبة ــ ظاهرة نبض النجوم ــ بدأ علم الفلك في بناء علم حديث ، اطلقوا عليه اسم (علم الفلك الراديوي) Radio Astronomy وبعد الحرب العالمية الثانية ، اخذ هذا الفرع من العلم ينمو وراح يقترب حثيثا من علم

الفلك البصري التقليدي ، حتى حان الوقت الذي وجه فيه فلكيو مرصد بلومار المنظار الهائل ، نحو الموضع الذي حدده لهم الفلكيون الراديوويون ، لاكبر مصدر لامواج النبضات الراديوية في الفضاء ، فكانت النتائج لهذا العمل المشترك موضع اهتمام علماء الفلك في كل أنحــاء العالم .

ويمكن تعريف علم الفلك الراديوي بانه (علم دراسة الاجرام السماوية باستقبال موجات الراديو التي تنبع من تلك الاجــرام الفضائية) .

ولقد جاءت المعلومات عن الاجسام الفضائية التي تصدر موجات راديوية ، اثناء الحرب العالمية الثانية (١٩٣٩ ــ ١٩٤٥) ، وكان من الغريب أن ينمو علم جديد في مواطن الدمار الشامل . فقد تقدم علماء الفلك الراديوي تقدما كبيرا في اثناء الحرب ، عندما صبوا كل طاقاتهم ــ تحت ضغط الصراع المحتدم ــ في صنع أجهزة استماع للفضاء ، اصبحت فيما بعد أجهزة رصد راديوية متقنة . وما ان انتهت الحرب ، حتى وجدت الدول أن بين يديها فيضا من المعدات الراديوية القيمة ، فأعطت البعض منها لعلماء الفلــك في الجامعات ، وهكذا بدأ اول استخدام لاجهزة الاستقبال والهوائيات في ارتياد الفضاء الراديوي . حقا لقد كانت الخطوات الاولى تتسم بالشك والحذر ، كما كان برنامج الاستكشاف يكتنفه الغموض ، ولكنهم تعثروا أخيرا بعتبة الكون الراديوي ، فراوا أجساما فضائية تصدر موجات راديوية ، ظلت مجهولة في الفضاء خفية عن العيون ، آلاف الســنين .

وقد تم العثور على ما يربو على الف نجم راديوي ، حددت مواقعها على خريطة النجوم . ولم يقم الفلكيون بالربط بين افرادها وترتيبها فيمجموعات بالفضاء ، بل آثروا أن يحافظوا على التسميات القديمة التاريخية . فاقوى النجوم الراديوية في مجموعة الدجاجة Cygnus اطلقوا عليها اسم الدجاجة أ Cygnus A ، والتي تليها في قوة النبض يسمونها الدجاجة ب . . وهكذا .

ولو كانت لنا عيون راديوية ، لكانت أشد النجوم لمعانا في السماء هي ذات الكرسي أ Cassiopeia A ، الا اننا بعيوننا البصرية لا نرى شيئا ، فالفلكيون في السابق لم يولوا هذه البقعة المظلمة من الفضاء أي اهتمام ، وكانوا يصورونها بالمسح العادي بالتلسكوب البصري دون ان يمعنوا النظر فيها ابدا . لقد كانوا ــ خلال فترة طويلة من الزمن ــ واثقين من عدم وجود اي جسم فضائي هناك ، ولولا الاشارات الراديوية لظل هذا النجم غائبا عن الابصار .

عندما تتصادم المجرات

ان احتمال وقوع صدام بين مجرتين امر نادر للغاية ، ولا نعرف الا القليل جدا عن هذا الحدث ، واذا ما اصطدمت مجرتان فلن تتأثر نجومهما . فالمسافات هائلة بين النجوم اذا ما قيست بأقطارها ، ويمكن اعتبار المجرة كاطار الصورة الفارغ تتناثر داخله النجوم متفرقة ، وقليلة جدا هي النجوم التي تتصادم أثناء اصطدام المجرتين ، فالغالبية من النجوم تسلك دروبها دون ان يعكر صفوها شيء ، وهكذا تمر المجرتان احداهما تقطع مسار الاخرى ، وتخرج كل منهما سليمة دون أي تدمير لمكوناتها من النجوم .

ولكن الغبار الكوني المنتشر بين النجوم ، ليس له هذا القدر من حسن الحظ ، فالذرات في الغيوم الغبارية أوسع انتشارا مما هي عليه في النجوم ، والتصادم بين الذرات أمر لا مفر من حدوثه . وعندما تندفع هذه الغازات بسرعة مئات الكيلومترات في الثانية ، تتولد حرارة هائلة ، فتتأين الذرات (أي تشحن كهربيا) ومن تهيج هذه الجسيمات المشحونة كهربيا ، تتولد اشارات راديوية قوية ، وهذه الاشارات الراديويه اقوى من ضوء النجوم بعدة ملايين من المرات ، فيلاحظ الفلكي الراديوي هذا الجسم الذي يصدرها بسهولة ، بينما يكون غير مرئي بواسطة التلسكوبات البصرية . وتعتبر المجرة التي تحتوي على النجم الراديوي

الدجاجة أ ، اطيب مثال على نتيجة تصادم مجرتين ، وقد أخذت لها صورة للطيف فوجد فيها تلك الازاحة المعتادة نحو اللـون الاحمر . وعندما حسب علماء الفلك سرعة التباعد وجدوها حوالي ١٠ آلاف كيلو متر في الثانية ، أي أن مكان هذا التصادم يبعد ٢٠٠ مليون سنة ضوئية (أذا كانت سرعة التباعد ٥٠ كيلو متر في الثانية يكون البعد مليون سنة ضوئية) ، وقد تم قياس البعد بافتراض أن المجرتين من حجم متوسط وأن لهما لمعانا فوق المتوسط .

وقد صادف علماء الفلك الكثير من المتاعب ، عند محاولة رصد هذا التصادم في الكـون ، وقد كان جزء من هذه المتاعب يرجع الى الى الخلاف في تعيين الموقع المحـدد للنجـم الراديـوي القـوي الدجاجة أ ، وقد قال علماء الفلك الراديوي في انجلترا ، بانه يقع في وسط المثلث الناشيء عن النجوم الثلاثة جاما Gamma ودلتا Delta وايتا Eta . اما علماء الفلك الراديوي في استراليا ، فقد قالوا بانه منزاح قليلا عن هذا الموضع ، وقد أخذ كل فريق منهم يراجع قياساته مرة بعد أخرى ، الى أن أتفقوا على موضع محدد تقريبا . ولكي يمكن تحديد المكان بدقة تامة ، وجه علماء الفلك في مرصد بلومار تلسكوبهم البصري الى الموضع المتفق عليه وقاموا بتصويره ، وكانت دائرة الخلاف بين علماء الفلك في انجلترا واستراليا ، والتي يقرب قطرها من نقطة صغيرة ، ملأى بما يقرب من مائة من النجوم الخافتة . ولم يكن في الامر اية مفاجاة للفلكيين ، فهم يتوقعون أن يروا أجساما فضائية عديدة في مساحة النقطةالواحدة حيثما وجهوا تلسكوباتهم . ولكن أن يكون هذا الموضع بالذات غنيا بالعديد من مصادر الموجات الراديوية ، فهذه هي المشكلة . فكيف يتسنى للفلكي أن يعين مصدرا معينا بالتحديد في وسط هذا الخضم من المصادر الراديوية ؟

لا بد أن في الامر شيئا لا عهد للفلكيين به من قبل ، شيئا لا وجود له في أية بقعة أخرى من أرجاء الفضاء الا فيما ندر . غير أن بقعة من الضوء غير منتظمة الشكل ، كانت ظاهرة بالقرب من

منتصف الصورة ، تبدو معالمها وكأنها فراشة ذات أجنحة مستديرة، انها النجم الراديوي القوي الدجاجة أ . وباستخدام الفلك الراديوي ، أمكن معرفة أن هناك مجرتين ضخمتين بنجومهما (ومن بينهم الدجاجة أ) وغازاتهما الكونية ، في حالة تصادم جبار .

الاذاعة الكونية

هنا يتبادر الى اذهاننا سؤال : ما هو سبب انبعاث الموجات الراديوية ؟ يتجمع الغاز والغبار الكوني ، في مجرتنا ، بكثرة في سحب توجد عموما على طول مستوى المجرة ، في شكل حزام عرضه ١٠٠ سنة ضوئية ، ويرتبط بعلاقات مع الاذرع الحلزونية (اللولبية) لمجرتنا . وتنتظم هذه السحب في هيئات مختلفة وعديدة ، فبعضها يتجمع في أشكال كروية صغيرة نسبيا ، يبلغ قطر كل منها جزءا من مائة من السنة الضوئية . بينما تاخذ في حالات اخرى اشكالا غير منتظمة ، يبلغ طولها عدة مئات من البارسك Parsec (البارسك وحدة فلكية = ٣ر٢ سنة ضوئية) .

ومعظم غاز ما بين النجوم عبارة عن هيدروجين (ابسط الذرات : الكترون واحد + بروتون واحد) وربما كان ابسط مادة في الكون كله . وحيث أن هذا الغاز يمتص نسبة كبيرة من الضوء الصادر من النجوم ، فكثيرا ما تعمل عملية الامتصاص على فصل الالكترونات والبروتونات بعضها عن بعض ، أي تحدث عملية التأين في الغاز Ionized Gas ، وبعد حدوث التاين تصبح الالكترونات والبروتونات حرة في التجوال على انفراد ، واثناء تجوال هذه الجسيمات كثيرا ما تتصادم بعضها ببعض ، مما يؤدي احيانا الى اتحادها مرة اخرى داخل مجالات مغناطيسية هائلة . وقد ينطلق من هذه العملية ضوء مرئي خافت ، وفي الواقع أن الضوء الصادر من مثل هذا الاتحاد بين البروتون والالكترون ، هو الذي يمكننا من رؤية سحب الهيدروجين شديدة الحرارة .

ولكن في الغالبية العظمى لا يتم هذا الاتحاد ، وعند ذلك لا يكون الاشاع الصادر مقصورا على مدى معين من اطوال الموجات بل تصدر ايضا الاشعة فوق البنفسجية والاشعة تحت الحمراء والموجات الراديوية . ولم يكتشف اصدار مناطق الهيدروجين الحارة للموجات الراديوية الا منذ حوالي عشر سنوات فقط ، فقد تم التعرف على اصدار عام على طول مستوى حزام مجرتنا ويعرف علماء الفلك الراديوي — على وجه التأكيد — ان بعض الموجات الاذاعية ياتي من الغاز ، فذرة الهيدروجين تعطي اشارات ضعيفة جدا حين يغير البروتون في النواة من دورته حول نفسه ، وتنبعث هذه الاشارات على طول موجي محدد هو ٢١ سنتيمتر .

واذا كانت سحابة الهيدروجين تتحرك نحونا ، كانت الموجة عندئذ اقل من ٢١ سنتيمتر بقليل ، اما اذا كانت تبتعد عنا كانت اطول من ذلك الرقم بقليل ، وعلى ذلك فمن قياس طول الموجة الصحيح نقيس سرعة الغاز ، وهكذا يستطيع الفلكي الراديوي ، ان يعرف الموضع الصحيح لسحابة الهيدروجين في مجرتنا ، ولن يقف الغبار أو اي حاجز اخر عائقا في سبيل قياساته ، لان الموجات الراديوية تخترقها كلها .

ويبذل علماء الفلك الراديوي جهودا كبيرة في البحث عن انسب القنوات اللاسلكية ، التي من المحتمل أن تستخدمها كائنات ذكية من كوكب اخر (ان وجدت) ، في محاولة الاتصال بسكان الكرة الارضية .

ويرجح العلماء أن موجة ذرة الهيدروجين (التي يبلغ طولها ٢١ سنتيمتر) ، ربما تكون هي المفضلة لدى تلك « الكائنات » لبث رسائلها الكونية . وأطلقوا على هذه الرسائل التي قد تستخدم هذه الموجة (الاذاعة الكونية رقم ١) ، وقد صممت معظم التلسكوبات الراديوية الارضية ، لتسلم برامج هذه الاذاعة في حالة وجودها .

اما سبب اختيار الكائنات الاخرى لهذه الموجة بالذات ، فربما كان بسبب أن ذرة الهيدروجين هي ابسط ذرات الكون ، واكثرها انتشارا في كل انحاء الفضاء .

وقد كانت دراسة سحب الهيدروجين في مجرتنا ، وليدة جهود مشتركة قام بها فلكيون راديوويون في انحاء متفرقة من العالم ، وهم في الوقت الحاضر يجمعون صورة كاملة لمجرتنا .. قطعة قطعة . ولقد اتضح لهم أن غاز الهيدروجين ينتشر في منعطفات الاذرع اللولبية التي توجد فيها النجوم ، وقد تم تتبع ما يقرب من اثنى عشر ذراعا لولبيا ، بالرغم أن رصد مجرتنا من داخلها يبدو امرا شديد الصعوبة ، فعلينا أن نرى تفاصيل أوفى ونجري بحوثا اكثر ، قبل أن نصبح على يقين .

وعندما تتأين ذرة الهيدروجين ، فانها لا ترسل موجة واحدة فقط طولها ٢١ سنتيمتر ، ولكنها ترسل طيفا مستمرا ، وفي استطاعة الفلكيين الراديوويين ــ من مقارنة هذا الطيف المتواصل ــ بالخطوط الهيدروجينية ، أن يتتبعوا اثر سحب الهيدروجين المتأين بالاضافة الى غيوم ذرات الهيدروجين .

ولقد اتضح أن مجرتنا تسلك سلوك الدوامة العملاقة ، فتسحب الهيدروجين الى الداخل شطر المركز ثم تقذف به ليدور صوب الاذرع اللولبية . والنواة الموجودة في مركز الدوامة تكاد تكون خالية من الغاز ، ولكن في وسط المركز تقريبا يوجد نجم أو نجمان راديوويان براقان ، تحيط بهما هالة رقيقة من البروتونات . غير أن الفضاء الذي يحيط بهما يبدو خاليا تماما كعين الاعصار . ان المجرة شيء ديناميكي مثل غيمة حية ، والنجوم تولد في الاذرع اللولبية وتسير في طريق التطور ثم تشيخ وتموت ، وتتحول الى اقزام بيضاء أو نجوم نيوترونية أو ثقوب سوداء ، حسب كتلتها . واذ تموت النجوم ينسحب مدد جديد من غاز الهيدروجين من الفضاء المجاور ، ويستعمل مادة خاما لجيل جديد من النجوم ، وتستمر حياتها في دورتها داخل مجرتنا ، من الميلاد حتى الموت .

ويوجه علماء الراديوي اهتمامهم – في الوقت الحاضر – الى نوع مختلف من انبعاث الموجات الراديوية ، وهو ذلك النوع المنبعث من سديم السرطان Crab Nebula في برج الثور Taurus ، وهذا المصدر أقوى بكثير من سحب الهيدروجين الحارة في اصدار الموجات الراديوية . وقد اتضح من الابحاث الدقيقة ، وباستخدام أقوى التلسكوبات الراديوية ، أن الموجات الصادرة من سديم السرطان اقوى بنحو مائة مرة من اي انبعاث يمكن تعليله على أساس تصادم الالكترونات والبروتونات الحرة الهائمة ، ومع ذلك فان سديم السرطان ليس بأي حال أقوى المصادر الراديوية التي رصدت حتى الوقت الحاضر ، اذ أن المصدر بالغ الشدة والذي يقع في كوكبة ذات الكرسي Cassiopeia ، يصدر موجات راديوية بمعدل يزيد نحو مليون مرة عن معدل الاشعاع الذي يتوقع العلماء صدوره من مصدر هيدروجيني حار . ويبدو هذا المصدر على هيئة عدد كبير من السحب الصغيرة ، وهي تتحرك بشكل غريب للغاية . فقد وجد علماء الفلك الراديوي ان الاجزاء المحددة الواضحة ، تقترب منا بسرعة تصل الى نحو ٣٠٠ كيلو متر في الثانية ، أما السحب المهتزة فانها تتحرك بسرعة تزيد عن ذلك كثيرا ، وهي أحيانا تقترب منا واحيانا تبتعد عنا ، ويتراوح التغير من أعلى معدل لسرعة الاقتراب الى أقصى سرعة للابتعاد ، بعدة آلاف من الكيلومترات في الثانية .

ولا يوجد حتى الوقت الحاضر ، رأي مقنع عن منشأ هذا المصدر العجيب . وقد ترشدنا الى مفتاح الحل ، تلك المعلومات التي جمعت عن الموجات الراديوية الصادرة من هذه المنطقة ، وأحدث تعليل يفسر كيفية وجود هذه الكوكبة الغريبة ، هو انها كانت مسرحا لانفجار سوبرنوفا (انفجار نجمي) ، ومن ثم فانه قد نتج عنه كمية كبيرة من المادة المتحركة ، بسرعة تبلغ عدة آلاف من الكيلو مترات في الثانية الواحدة .

وهذه المادة المقذوفة قد تكون في حالة صدام بسحابة معتمة من الغاز والغبار الكوني ، وان مادة السوبرنوفا تقع في الناحية البعيدة عنا من السحابة الهائلة ، حيث لا نستطيع رؤيتها بسبب حجب الغبار لها عنا ، ما عدا تلك المناطق التي تنسكب فيها حول حافة السحابة المعتمة . وفي الكون العديد من المجرات الغريبة الغامضة التي يقوم بدراستها علماء الفلك الراديوي ، محاولين البحث في العالم المجهول خلف حدود الارصاد البصرية . ومعظم هذه المجرات يصدر نبضات راديوية قوية ، تجعل رصدها بالتلسكوب الراديوي ايسر كثيرا من رصدها بالتلسكوب البصري . ويحدد علماء الفلك الراديوي اتجاه المصادر بطريقة تقريبية ، ثم يتركون لمنظار بالومار ـ الذي يبلغ قطره ٢٠٠ بوصة أي حوالي خمسة أمتار ـ مهمة رصد مسرح الاحداث الفضائي والتقاط الصور المناسبة ، وبهذه الطريقة امكن لعلماء الفلك بمرصد بالومار ، من رصد مجرات على حدود مدى الرؤية ، أبعد كثيرا من الوف المجرات الخافتة التي تزحم مجال الرؤية في تلك الاعماق السحيقة من الفضاء .

ولكن ما الذي يستخدمه علماء الفلك الراديوي في ابحاثهم ؟

الاستماع الى النجوم

لقد اضاف علماء الفلك الراديوي معلومات هائلة عن النجوم ، وذلك باستخدام اجهزة لاسلكية شديدة الحساسية ، هي الراديوية Radio Telescopes . والمناظير الراديوية تعطي صورة عن الكون تختلف تماما عن تلك التي تنقلها المناظير البصرية ، فان (المع) نجم في السماء بالنسبة لها ليس نجم الشعري اليمانية Sirius ، بل نجم اخر يحدث ضوضاء قوية غير عادية ويكاد يكون غير مرئي ، انه نجم الدجاجة أ . ان الموجات الراديوية تجعلنا نطل على عالم غريب هائل ، تبلغ اعماقه ملايين السنوات الضوئية ، فهناك اجسام فضائية على ابعاد خيالية ، لا تتمكن المناظير البصرية من رؤيتها اطلاقا ، ومن ثم ترصد بالمناظير الراديوية .

ولكن مم يتكون المنظار الراديوي ؟

لقد قام علماء الفلك الراديوي – من أجل التقاط الاصوات الخافتة المنبعثة من النجوم والغبار الكوني – ببذل مجهودات شاقة لتحسين اجهزتهم . والهوائي هو دائما اكبر وأهم جزء في المنظار الراديوي ، ووظيفته تجميع الموجات الراديوية في بؤرة ، وهناك نوعان من الهوائيات احدهما على شكل طبق كبير والثاني هو الهوائي ذو القطب المزدوج . والنوع الاول عبارة عن مرآة معدنية دائرية قليلة العمق ، تجمع الطاقة الراديوية وتركزها على هوائي اخر صغير عند نقطة البؤرة ، ثم تنقل الموجات الراديوية من خلال أسلاك الى المختبر . وهنا يجرى تكبير النبضات في جهاز الاستقبال عدة ملايين من المرات ، وعن طريق جهاز كومبيوتر يزال التشويش ، ثم تنقل بعد ذلك الى جهاز تسجيل لتدوين الاشارات على مخطط بياني ، ومن ثم تكون جاهزة ليدرسها علماء الفلك الراديوي .

وان احدث واغرب ما اكتشفه علم الفلك الراديوي ، هو ما يطلق عليه اسم أشباه النجوم أو الكوازرات Quasars .

لغز .. على حافة الكون

منذ اوائل عام ١٩٦١ كان علماء الفلك الراديوي قد عينوا اماكن خمسة مواقع في الفضاء ، تصدر منها موجات راديوية قوية، ووجدت التلسكوبات البصرية في هذه المواقع نجوما خافتة الضوء جدا ، فاعتبرتها من نجوم مجرتنا . ولكن اتضح فيما بعد أنها تسلك سلوكا غريبا ، فهي تتحرك بعيدا عنا بسرعات هائلة تصل الى جزء كبير من سرعة الضوء ، كما أنها ألمع بكثير واشد طاقة مما يمكن تصوره لجسم صغير وبعيد مثلها ، وهذا يدل على منبع طاقة اقوى من أي شيء يمكن أن يتخيله علماء الفلك .

أخذ علماء الفلك االراديوي يولون هذه الاجرام الفضائية المزيد من الدراسة والعناية ، لما تتميز به من غرابة وغموض . ولما كان

من المستبعد على نجوم صغيرة داخل مجرتنا أن تطلق هذه الموجات الراديوية القوية ، فقد أطلقوا عليها اسم اشباه النجوم الراديوية Quasi — Stellar Radio Sources واختصارا ، الكوازرات Quasars

ومنذ عام ١٩٦١ وحتى الوقت الحاضر ، تم اكتشاف بضعة آلاف من الكوزرات يوجد أبعدها على مسافة ١٠ بليون سنة ضوئية منا ، اذا كانت تلك هي مسافته الحقيقة فانه يكون ابعد جسم عنا في الكون ، وهكذا تمثل هذه الاجسام الفضائية الغامضة ، على حافة الكون ، احد الغاز السماء المحيرة .

وتحمل الكوزرات حاليا، اسماء يبدأ معظمها بالرمز3Cاي ٣ك ، وهو اختصار لمصنف كامبردج الثالث للمنابع الراديوية ، وقد كان اول من نال قسطا غير قليل من البحث والاهتمام شبه النجم الراديوي ، الكوازر رقم ٣ك ــ ٤٨ من مجموعة المثلث Triangulum ، فقد انزاح طيفه كله نحو اللون الاحمر ، بحيث وقعت جميع الوانه في منطقة ما تحت الاحمر ، والازاحة الى هذه الدرجة غير معروفة حتى في ابعد المجرات التي اكتشفها مرصد بالومار أكبر تلسكوب بصري في العالم .

وكانت هذه الازاحة في طيف شبه النجم رقم ٣ك ــ ٤٨ ، تدل على سرعة تباعد تبلغ ١١٠ الف كيلو متر في الثانية ، اي ان البعد الذي يفصل ما بيننا وبينه يبلغ حوالي أربعة بلايين من السنين الضوئية .

ولقد كان لهذا الاكتشاف نتائجه الخطيرة ، فهذه الاجسام التي تبدو كنجوم صغيرة في مجرتنا ، كانت تبعث الحيرة في عقول الفلكيين الراديويين لقوة النبضات الراديوية الصادرة عنها . وكانوا يفترضون انها لا تبعد أكثر من بضع مئات من السنين الضوئية ، فكيف الان وقد وجدوا انها تبعد عنا بلايين السنوات الضوئية ؟ وتساءل بعد هذا علماء الفلك الراديوي ، عن نوع

الطاقة التي تتمكن من اصدار مثل هذه الموجات الراديوية شديدة القوة ، بحيث تسير في الفضاء بلايين السنوات الضوئية وهي لا تزال تحتفظ بقوتها .

ولقد قدر علماء الفلك أن قوة الاضاءة الحقيقية لشبه النجم (الكوازر) رقم ٣ك ــ ٤٨ تبلغ حوالي تريليون (مليون مليون) شمس ، مثل تلك التي تدور حولها أرضنا ، كما قدروا أن الطاقة الحقيقية أكبر من ذلك قليلا ، ومعنى ذلك أن الاضاءة التي تصدر عن شبه النجم هذا تساوي قوة الاضاءة التي تصدر عن عشرين أو ثلاثين مجرة من المجرات شديدة اللمعان .

وكان السؤال الاساسي الذي حير علماء الفلك الراديوي هو : اي نوع من الطاقة يعمل في داخل شبه النجم (الكوازر) ؟ .

ان التفاعل النووي الذي يحدث في الشمس أو في النجوم الاخرى ، لا يكفي لتفسير الطاقة الهائلة التي تصدر من اشباه النجوم . فقد دلت الحسابات الفلكية أن المجموعة المحلية من المجرات Local Galaxies (اي مجرتنا بالاضافة الى أقرب ١٧ مجرة منا) ، لو استنفدت طاقتها كاملة في تفاعل نووي ، فلن تستطيع أن ترسل باشارات راديوية بهذه القوة ، ولا بضوء كهذا الضوء الى مسافات سحيقة تبتعد ببلايين السنوات الضوئية ، كما تفعل اشباه النجوم الراديوية . ومن ثم فالتفاعل النووي ليس هو المصدر الذي يمد أشباه النجوم بالطاقة ، وهكذا يزداد الامر غموضا أمام علماء الفلك الراديوي . ويرى بعض علماء الفلك أن طاقة السوبرنوفا (النجوم المتفجرة) ، ربما تكون هي المصدر الذي تستمد منها أشباه النجوم طاقتها . ولكن يجب أن نحتاج الى مائة مليون انفجار سوبرنوفا لكي يمكن تعليل تلك الطاقة الجبارة التي تصدر عن أشباه النجوم .

وجاء العالم الفلكي الشهير فردهويل Fred Hoyle في عام ١٩٦٣ ، برأي يقول فيه أن سبب هذه الطاقة الهائلة هو ضغط

الجاذبية . وفكرة توليد طاقة من ضغط الجاذبية ، جاء بها العالم الفيزيائي الالماني هلمهولتز في عام ١٨٥٤ ، وحاول بها أن يفسر سر الطاقة الشمسية على هذا الاساس ، فقال بانها نتيجة القوة الناشئة عن ضغط مادة الشمس على بعضها البعض . وفي القرن التاسع عشر ، لم يلاق تفسير هلمهولتز هذا ، قبولا لدى علماء الفيزياء لانه اتضح بالحسابات الفلكية ، أن الشمس لو كانت تصدر طاقتها على هذا النمط لما عاشت أكثر من خمسة عشر مليون سنة .

لكننا نعرف أن الشمس موجودة منذ خمسة بلايين سنة . وهكذا ظل مصدر الطاقة الشمسية مجهولا حتى جاء العالم بيث Bethe ، في الربع الثاني من القرن العشرين بالتفسير الذي لاقى قبولا من معظم العلماء ، وهو القائل بأن مصدر الطاقة في الشمس قائم على سلسة من التفاعلات النووية . وهكذا نجد ان العالم فرد هويل يعود بنا القهقرى الى نظرية هلمهولتز في القرن التاسع عشر ، فيقول بان وجود جسم تبلغ كتلته مليون ضعف من كتلة الشمس ، يستطيع ان يولد طاقة مثل تلك التي تصلنا من أشباه النجوم وهي على حافة الكون .

فهذا الجسم الهائل العملاق في ضخامته ، سوف يكون ضغط اجزائه على بعضها مريعا ، بحيث ينفجر الى الداخل ويولد طاقة أقوى من التفاعلات النووية . وقد يكون تعبير (الانفجار الى الداخل) غير معهود حتى الان ، بل قد لا يمكن تخيله ، ولكن ماذا يمكن القول عن هذا الجسم الهائل الذي تنضغط أجزاؤه على بعضها ، فتسحقها بعنف وتردها الى ناحية المركز ؟ . ويفترض هويل ان شبه النجم (الكوازر) ليس مجرة كما يقول بعض العلماء ، بل هو نجم غريب يحيط نفسه بشذوذ لا نعرف له مثيلا بين النجوم ، وحسب المعلومات التي تصلنا منه عن طريق المناظير الراديوية ، يتضح أن قطر الكوازر يبلغ حوالي عشر سنين ضوئية ، اي أن الضوء بسرعته الهائلة يحتاج الى عشر سنوات لكي يقطعه من شماله الى جنوبه ، او من شرقه الى غربه ، قد تزيد أو تنقص

اذا كان الكوازر غير منتظم الشكل ، كما يقول بعض علماء الفلك . وسيكون مقدار الضغط فوق شبه النجم هائلا ، بسبب الجاذبية المروعة ، بحيث لو وجدت الكرة الارضية في مكانه لتقلصت في حجم كرة صغيرة ، قطرها عدة سنتيمترات . ويوجه لراي هويل اعتراضان رئيسيان :

● الاعتراض الاول ، هو ما اتفق عليه معظم علماء الفلك عن ميلاد النجوم وتطورها ، حيث يدور الغاز الكوني اذا تجمع ، ومع تأثير المجالات المغناطيسية في الفضاء ، تتكون النجوم والمجرات . وهناك حجوم معينة لا تتعداها النجوم في المراحل المتقدمة من حياتها ، اذن فكيف السبيل الى وجود جسم كبير — بالمقياس الفلكي — من الحجم المنتظر في أشباه النجوم ؟ وكيف تتجمع هذه الاجسام الفضائية الهائلة دون أن تتعرض للدوران وفقد المادة ، بسبب التفاعلات الحرارية والنووية داخلها ؟ وكيف نجحت اشباه النجوم من التحطيم ؟ .

● أما الاعتراض الثاني ، فيأتي من النظرية النسبية العامة . فألبرت اينشتين يرى أن الضوء مادة مكونة من كمات تسمى فوتونات ، وهي تخضع للجاذبية كما تخضع جميع المواد الاخرى ، ونحن نعلم من علم اطلاق الصواريخ أن هناك قوة اسمها (سرعة الافلات) Escape Velocity ، فالجاذبية في اي جرم فضائي تشد كل المواد الموجودة على سطح ذلك الجرم ، ولكي يمكن اطلاق صاروخ أو قمر صناعي من فوق كوكب الارض ، يجب أن يدفع بسرعة معينة هي ٧٫٢ كيلو متر في الثانية ، حتى يمكن ان ينطلق في الفضاء ويفلت من جاذبية الارض ، ويتخذ له مدارا . وقد تبين من الدراسات الفلكية أن سرعة الافلات من القمر أقل من ٧٫٢ كيلو متر في الثانية ، ذلك أن القمر اصغر كتلة وجاذبية من كوكب الارض ، أما بالنسبة للشمس فستكون سرعة الافلات اكثر من ذلك بكثير ، لان سرعة الافلات تعتمد على كتلة الجسم — الذي ينطلق منه الشيء

الى الفضاء – وتتناسب معه طرديا . ولكن أشباه النجوم – حيث تبلغ كتلتها ملايين المرات من كتلة الشمس – ستكون سرعة الافلات منها أكثر من سرعة الضوء .

وما دام الضوء مادة – كما تقول النظرية النسبية – فلن يفلت من أشباه النجوم ، ومن ثم ستبدو أجساما مظلمة رغم ارتفاع درجة حرارتها بدرجة هائلة ، وبرغم ارتفاع الطاقة الى حد يفوق كل تخيل ، فان أشباه النجوم اذن ستبدو قطعة من الظلام في الفضاء المعتم . ولكن ليس هذا ما هو حادث في الواقع . ويرد البروفسور هويل على هذا الاعتراض ، بقوله ان النظرية النسبية العامة يمكن تطبيقها على أشباه النجوم ، فيما لو كانت أجساما كاملة الاستدارة منتظمة الشكل . بيد أن الضغط الهائل والانفجار الرهيب الى الداخل نحو المركز ، تجعل شكلها غير منتظم ومن ثم تبدو الاستدارة في هذه الاجسام الفضائية مستحيلة . وهكذا تبرز بعض المواد منها الى الاطراف ، ومن هذه النتوءات يفلت الضوء ، وهكذا تتمكن أشباه النجوم من الاستمرار في ارسال الطاقة لعدة بلايين من السنين .

وهنا يبدو أن البروفسور هويل يزيد الامر غرابة بدلا من أن يعطي تفسيرا معقولا .. فاذا كان الضوء والطاقة التي تصلنا من أشباه النجوم عبر هذه المسافات السحيقة – بلايين السنوات الضوئية – هو القدر البسيط الذي استطاع أن يفلت من جوانب هذا الجسم الفضائي الغريب ، فماذا اذن سيكون عليه الحال فيما لو وصلنا ضوء الجسم كله ؟ . ولا يقف الامر عند هذا الحد ، فقد وجد هويل شيئا يدعو الى الغرابة أكثر من ذلك ، وكان الغرابة التي مرت بنا حتى الان لم تكن كافية .

يقول هويل أن الضغط الناتج من الجاذبية الذاتية داخل أشباه النجوم سوف يسحق التركيب الذري ، بحيث تندمج الالكترونات في الانوية . واذا لم يكن هناك دوران كاف في الجرم

الفضائي فان التقلص يستمر ويصبح مجال الجاذبية اشـــد . وقبل ان يصل الجسم الى الحالة التي يكون فيها ثقبا أسود ـ كمـا سيتضح في الباب الثالث ـ يكون في استطاعة الاشعة الضوئية أن تفلت منه ، ولكنها في هذه الحالة تفلت من مجال جاذبية هائل ، ومن ثم تخرج منهكة فاقدة لمعظم طاقتها ، فتكون حمراء اللون ذات موجة أطول . وبناء على ذلك يجب ان تجرى تعديلات على قراءة التحليل الطيفي ، فليس معنى ازاحة الطيف الى جهة اللون الاحمر، ان الجسم الفضائي يبتعد عنا وحسب ، وانما يجب أن ندخل عامل الاجهاد الذي خرج به الضوء من شبه النجم .

وعلى هذا الاساس هذا الراي الاخير ، يجب ان تكون اشباه النجوم اقرب واصغر حجما مما ذكرنا سابقا . بكم أقرب واصغر ؟ لا احد يدري . ان هويل يشككنا في صحة الارقام الواردة عن اشباه النجوم ، حول بعدها وحجمها واضاءتها ، انه يلقي بنا في بحر لا قرار له من الحيرة . وعلماء الفلك ما يزالون مجدون في البحث والتنقيب، ومنكبون ـ في الوقت الحاضر ـ على المناظير الراديوية ، لمحـاولة الكشف عن أسرار اشباه النجوم .. ذلك اللغز الذي يقع عند حافة الكون .

علامة تعجب .. في أعماق الفضـــاء

عندما سلطت التلسكوبات على اشباه النجوم لسبر غورها ، وتم تصوير الكثير منها ، كان أوضحها تلك التي التقطت لشبه النجم في مجموعة العذراء Virgo ، وقد يكون قرب الجــرم الفضائي النسبي منا هو السبب في هذا الوضوح . ولقد كشفت الصور التي التقطهـا الدكتور مـــارتن شمــيدت Martin Schmidt من تلسكوب بالومار ، عن أمر غريب اخر . لقد كان هناك شبه نجم هائل (٣ ك ـ ٢٧٣) 3C 273 ـ وهو موضح في (شـــكل ـ٢٣) ـ يتالق في وسط السماء ، وعلى مقربة منه جسم فضـــائي اخر مستطيل الشكل أصغر منه ويبـــدو كذنب له . ووجـود هذين

الجسمين قرب بعضهما بعضا ، يضع علامة تعجب تبقى معلقة في اعماق الفضـــاء .

وقد اتضح للدكتور شميدت ان طول ذنب شبه النجم هذا يبلغ حوالي مائة الف سنة ضوئية (اي مثل طول قطر مجرتنا كلها) ، ومن المرجح ان هذا الذنب الذي يصاحب شبه النجم قد نتج عن انفجار جبار الى الداخل ، قذف به الى هذا البعد . وهو ايضا يرسل امواجا راديوية بالاضافة الى الموجات التي يصدرها شبه النجم الاصلي ، واذا أدركنا ان هذا الذنب هو بحجم مجرتنا ، واذا عرفنا انه مجرد نفثة من نفثات الجسم الاصلي ، أصبح في استطاعتنا أن نتخيل حجم شبه النجم .

نقيض المـــادة

خرج بعض علماء الفلك بنظرية تقول بان الطاقة في اشـــباه النجوم ، هي نتيجة تصادم بين المادة ونقيض المادة Anti-Matter .
فما هو نقيض المـــادة ؟

من المعروف ان الالكترونات عليها شحنة سالبة ، بينمـــا البروتونات لها شحنة موجبة . وفي نقيض المادة نجد ان الوضع يختلف تماما ، اي أن الالكترونات موجبة والبروتونات ســـالبة الشحنة ، وفي هـــذه الحالة يســـمى الالكترون موجب الشـــحنة (البوزيترون Positron) .

وعندما تتقابل ذرة من المادة مع ذرة من نقيض المادة ، فانهما يتفاعلان معا فيحطمان بعضهما وتتحول كل كتلتيهما الى طاقة هائلة تنطلق في الكون على هيئة موجات من اشعة جاما . والذرة النقيضة لا تختلف عن الذرة العادية في صفاتها الطبيعية او الكيمائية ، بل هي فقط صورة معكوسة وكأنها صورة مرآة للذرة العادية .

من (الشكل ــ ٢٤) يتضح أن الالكترون (الى أعلى) ، كما يظهر في عالمنا يحمل شحنة كهربية سالبة (ــ) ويدور على محوره

داخل الذرة من اليسار الى اليمين . اما نقيضه أو البوزيترون (الى أسفل) ، فيحمل شحنة موجبة ويدور على محوره بطريقة عكسية اي من اليمين الى اليسار . اما الخطوط القصيرة فتمثل لنا عالما ذا طاقة سالبة . ان البروتون والنيوترون والالكترون بمثابة احجار الاساس في بناء كل الذرات ، والذرات بدورها هي أساس بناء الجزيئات ، ومن الذرات والجزيئات تنشأ المادة التي تدخل في تكوين كل شيء في الكون .

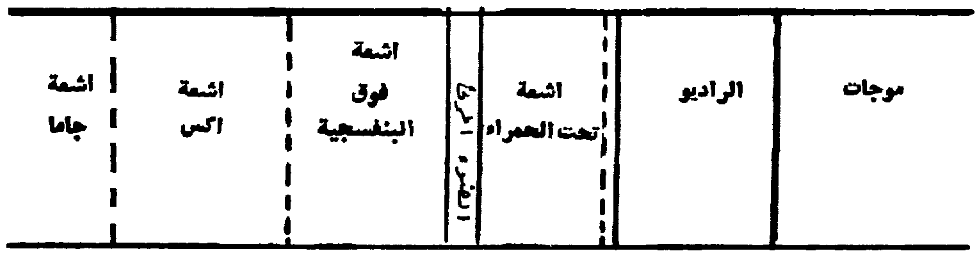
وبنفس هذا الاساس يمكن أن تتكون المادة النقيضة ، بكل ذراتها وجزيئاتها وصورها وانواعها ، ولكن لا يمكن التمييز بين المادة العادية والمادة النقيضة الا اذا تقابلا ، فتحدث الكارثة وتنتج طاقة جبارة في شكل اشعة جاما . فكل ما حولنا في الكون ويتخذ صور المادة ، هو في الاصل تجسيد لطاقات قوية واشعاعات نفاذة . فلو فرضنا أن كيلو جرام من مادة ما ، قد اصطدم بكيلو جرام من مادة نقيضة من نفس النوع والشكل وكافة الخصائص ، ما عدا شحنات الالكترون والبروتون ، عندئذ تختفي المادة وكل ما حولها حتى لو كانت مدينة كبيرة بها ملايين السكان . لقد تحولت المادة ونقيضها من حالتها المادية المعروفة ، الى طاقات واشعاعات جبارة تهلك كل ما حولها . ولتفسير ما يحدث ، دعنا نطبق المعادلة الشهيرة لاينشتين : (الطاقة = الكتلة بالجرامات × مربع سرعة الضوء بالسنتيمتر في الثانية) وكيلو جرام من المادة العادية وكيلو جرام من المادة النقيضة يساويان كيلو جرامين اي الفي جرام — ويكتبان (٢×١٠^{٣} ٣) اي رقم ٢ وأمامه ثلاثة أصفار — وسرعة الضوء بالسنتيمتر في الثانية تساوي (٣×١٠^{١٠}) سنتيمتر :

(اذن فالطاقة حسب معادلة اينشتين =

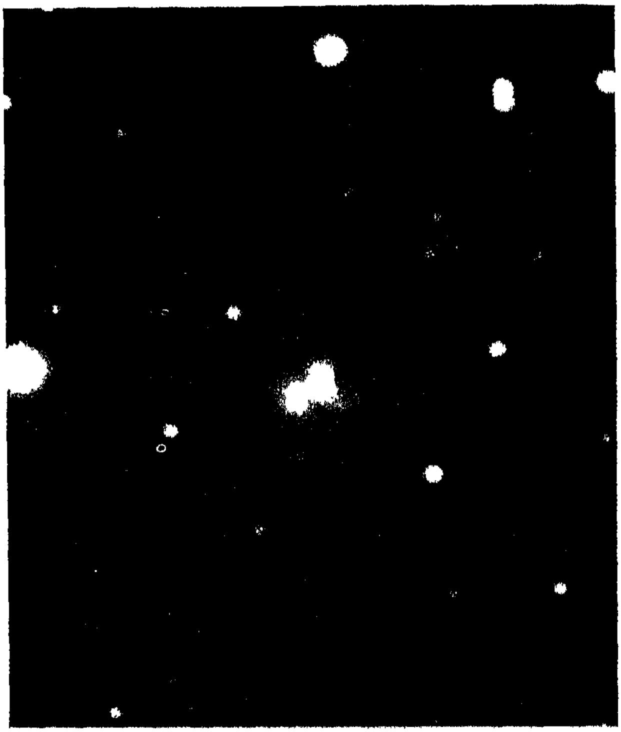
$(٢ \times ١٠^{٣}) \times (٣ \times ١٠^{١٠}) \times (٣ \times ١٠^{١٠}) = ١٨ \times ١٠^{٢٣}$ ارج) والارج

Erg * وحدة من وحدات الطاقة المتفوق عليها بين العلماء ، وعلينا ان نحول هذه الطاقة الناتجة عن تصادم كيلوجرام من المادة العادية والمادة النقيضة ، الى معايير يمكن ان تبين لنا معنى الكميات الهائلة التي تتحرر عندما تفني المادة . ان هذه الطاقة تساوي الطاقة التدميرية لحوالي ٢٢٠٠ قنبلة نووية (ذرية) ! وبسبب تلك الطاقة الهائلة التي تصدر من اشباه النجوم (الكوازرات) ، فقد قال علماء الفلك بأنها ناتجة عن تصادم بين المادة ونقيضها ، داخل هذه الاجسام الفضائية ، فهل هذا هو التفسير الصحيح ؟ . ان اشباه النجوم ما زالت حتى الوقت الحاضر ، تمثل لغزا يربض بعيدا عند حافة الكون .

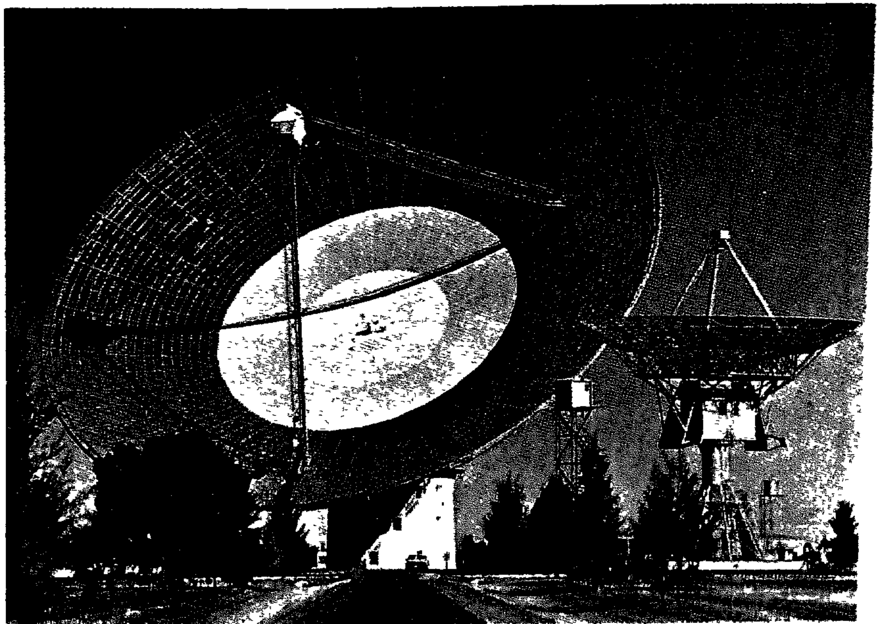
* الارج .Erg : وحدة طاقة تساوي القوة التي اذا اثرت في كتلة مقدارها جرام واحد لاكسبتها سرعة قدرها سنتيمتر في الثانية .



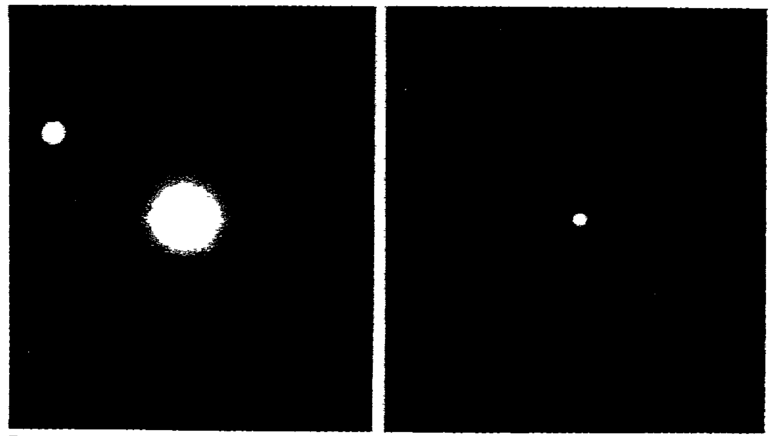
(شكل ـ ٢٠) الاشعة الكهرومغناطيسية حسب طول موجاتها



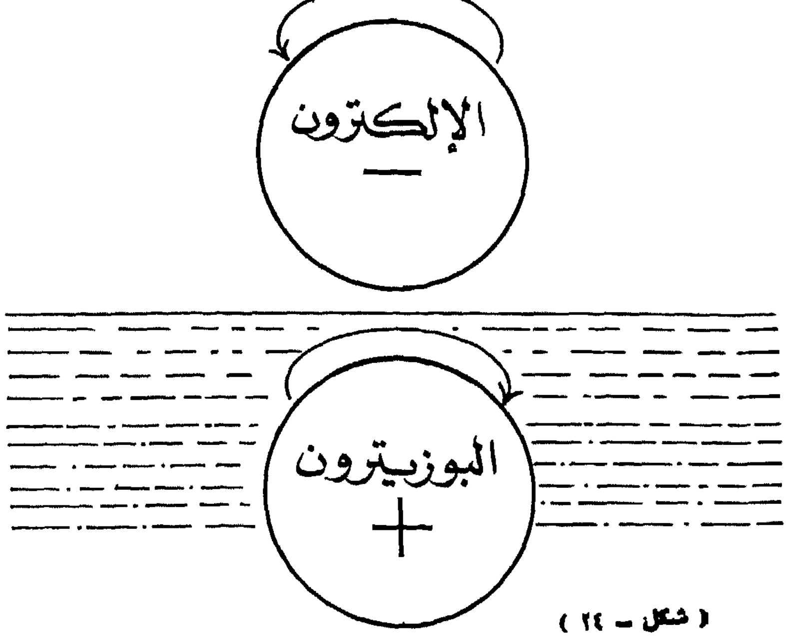
(شكل ـ ٢١) المصدر الراديوي القوي (الدجاجة آ)



(شكل ٢٢) التلسكوب الراديوي



(شكل رقم ٢٣)   الكوازران (٣ ك ١٩٦) ، و (٣ ك ٢٧٣) (٣ ك تعني مصنف كامبردج الثالث للمصادر الراديوية) . ويعتبر الكوازر الاخير اقوى منبع لاشعة اكس تم اكتشافه حتى الوقت الحاضر .



(شكل ـ ٢٤)



(شكل ـ ٢٥) هل يحوى كوننا نقيضا للمادة

الباب الثاني

رحلة بين النجوم والمجرات

١
عالم من الضياء

بين الخيال .. والحقيقة

كانت السماء بالنسبة للانسان القديم عبارة عن قبة هائلة مصاغة من انقى أنواع البللور ، يضفي عليها ضوء النهار لونا ازرق ، وتتركها ظلمة الليل في سواد حالك . وعندما يأتي الليل كانت هذه القبة السوداء تزدان بنقط عديدة مضيئة متلألئة كالماس ، هي النجوم . وكان الانسان في بادىء الامر ، يفسر النجوم البعيدة الغامضة ، بالشعر والاساطير . ويبدو أن الانسان قام بتتبع الحركات الظاهرية للنجوم ، قبل أن يكون هناك أي فهم حقيقي لطبيعتها ، ولا بد أن النجوم كانت من أوائل الاشياء في الطبيعة التي جعلت الانسان القديم يبدأ التفكير ، فيما وراء الطبيعة من أسرار . ولقد جعل منه هذا التأمل في الكون ، خلال بعض لحظات حياته البشرية قصاصا وشاعرا وفيلسوفا وعالما . ولكن ماذا يقول العلم عن النجوم ؟ .

النجوم اجرام سماوية كروية او شبه كروية الشكل Spheroid متوهجة شديدة الحرارة ، ومن ثم فهي مشعة للضوء أو بالاحرى لجميع اشعاعات الطيف الكهرومغناطيسي . وتتكون النجوم غالبا من غازي الهيدروجين والهليوم ، وعندما يصدر منها الضوء يصل الينا فنراها لامعة في أثناء ليل الارض المظلم . كما توجد طاقة هائلة تنتج عن الاتون المستعر داخل النجم ، وهذه الطاقة تنشأ نتيجة تفاعلات نووية ذرية . وعن طريق ما تتركه هذه التفاعلات من بصمات على ضوء النجوم ـ أطيافها ـ بالاستماع الى النبضات التي تصدرها ، نستطيع أن نعرف كل المعلومات عن

النجوم . وحيث ان خطوط طيف العناصر يمكن تشبيهها بالبصمات ، التي نستطيع ان نميز بها انسانا عن انسان اخر ، وكما انه لا يوجد شخصان لهما نفس البصمات ، كذلك لا يوجد عنصران في الطبيعة لهما نفس خطوط الطيف .

وتبدو النجوم لمن ينظر اليها بالعين المجردة ، ذات الوان مختلفة : منها الابيض ناصع البياض ، ومنها الاصفر والاحمر والازرق . وسبب اختلاف اللون هو اختلاف درجة حرارة النجم نفسه ، ولذلك استدل من اللون على درجة الحرارة لسطح النجم .. واقل النجوم حرارة ذات اللون الاحمر ، ثم تليها النجوم ذات اللون الاصفر ، ثم ذات اللون الابيض واخيرا ذات اللون الازرق . ولقد ثبت أن بعض هذه النجوم يتغير لونها مع الوقت ، وحسب مكانها في سلم التطور ، من ميلادها الى فنائها . وتعتبر النجوم الوحدات الاساسية بين الاجرام الفضائية ، وخير مثال للنجوم .. الشمس ، التي نراها كل يوم ، والتي نستمد منها مقومات حياتنا .

فما النجوم التي نراها في السماء ، الا شموس تعد بالبلايين تسبح في الفضاء الكوني . وهي التي تتكون في مجموعات يطلق عليها المجرات Galaxies ، وايضا تحتشد النجوم والمجرات في حشود يطلق عليها الكوكبات Constellations . ومنذ قديم الزمن ، تخيل الناس هذه الكوكبات بانها تمثل حيوانات أو ابطالا ، نسجوا حولها الخرافات والاساطير .. فهناك كوكبة الثور والحوت والسرطان والدجاجة ، وايضا هناك كوكبة هرقل والجبار ، حسب تصور الراصدين لشكل الكوكبة . وبمراقبة صفحة السماء خلال شهور متعاقبة ، يتضح لنا أن هناك نجوما تظهر في بعض الشهور اي خلال فصل معين ، ثم تختفي وتظهر بدلها نجوم من كوكبات اخرى . ومن المعتاد أن نقول عن كوكبات النجوم انها كوكبات الشتاء أو الصيف أو الخريف مثلا ، حسب الفصل الذي يغلب ظهورها فيه .

ونحن نرى النجوم صغيرة ، بالمقارنة بالشمس ، لبعدها السحيق عنا ، فشمسنا تبعد عنا مسافة ٨ دقائق ضوئية بينما قرب نجم لنا ــ بعد الشمس ــ وهو النجم الفا قنطورس Alfa Centaurus ، يبعد عنا مسافة ٣ر٤ سنة ضوئية (بعد الشمس عنا في المتوسط ١٤٩ مليون كيلو متر ، بينما بعد الفا قنطورس ٤٢ مليون مليون (تريليون) كيلو متر) . اذن ففرق المسافات ــ أي فرق الابعاد ــ هو السبب الرئيسي في أن ضوء الشمس ساطع وضوء النجوم خافت بالنسبة لنا ، وما الشمس الا نجم متوسط القوة بين بلايين النجوم في السماء .

رحلة الى الشمس

وربما يتساءل الانسان : كم تبعد عنا هذه النجوم ؟ وما هو حجمها ومقدار لمعانها ؟ وما هي أنواعها ؟ . وتتزاحم الاسئلة : ترى كيف نشأت النجوم وماذا ستكون نهايتها ؟ أم لعلها أبدية فتبقى مضيئة دائما ؟ . ان هذا السؤال الاخير يمكن اجابته بسرعة ، فالنجوم ليست أبدية ، وهي تولد وتموت ، ولو أن قصة مولدها وموتها غريبة الى حد بعيد . وحتى يمكن الاجابة على كل الاسئلة ، سنأخذ الشمس نموذجا تتمثل فيه خصائص النجوم العادية ، وقد درس العلماء حوالي ربع مليون نجم بشيء من التفصيل ، فوجدوا ان حوالي ١٠٪ من هذه النجوم تشبه الشمس . ان صلتنا بالشمس هي صلة وحدة النشأة والتبعية ، فهي مركز النظام الشمسي كله ، ومحور دوامة كواكبه واقماره وكويكباته ومذنباته ، ومنبع طاقته ومنظم حركاته والمع ضوء فيه .

وهذا العضو الرئيسي في الاسرة الشمسية Solar Family ، يعد من النجوم متوسطة الحجم ومن فصيلة نجوم التتابع الرئيسي Main Sequence ، اي النجوم التي ما زالت في مرحلة الشباب . والشمس بكواكبها التسع واقمارها ، وباقي أفراد اسرتها من الاجرام الفضائية الاخرى ، مجرد جزء ضئيل للغاية من مجرتنا ،

وتدور المجموعة الشمسية كلها حول مركز تلك المجرة وتتم دورة كاملة في ٢٥٠ مليون سنة تقريبا ، بسرعة تبلغ ٢٠ كيلو متر في الثانية . وتسمى هذه الدورة بالسنة الكونية Cosmic Year ويبلغ قطر الشمس حوالي مليون و ٣٨٤ الف كيلو متر ، وتزيد الجاذبية فوق سطحها ٢٨ مرة عن جاذبية سطح الارض ، كما يبلغ عمر الشمس خمسة آلاف مليون عـام .

طـاقة الشمس

خطا علماء الفلك في السنوات الاخيرة خطوات واسعة ، وكان من ضمن الموضوعات التـي حيرتهم طويلا : مـا مصدر هذه الطاقة الهائلة للشمس والتي تملأ جو الارض ضوءا وحرارة ؟ وهي ليست الا جزءا ضئيلا من طاقة عظيمة يتبدد أغلبها في الفضاء ، ويصل بعضها الاخر الى الكواكب الاخرى .

وحرارة الشمس وباقـي النجوم هـي نتيـجة لتفاعـلات الاندماجات النووية الهيدروجينية وتحويلها الى هليوم ، والتـي تتوالى بصفة مستمرة بسبب شدة الضغط والحرارة في باطنها .

ويرى بعض علماء الفلك أن ديناميكية الغـازات في باطـن الشمس ، ترجع الى ضغط القوى الداخلية الثائرة الذي يقذف بالغازات شديدة الحرارة من باطنها ، الى سطحها في تيارات هائلة من الحرارة ، اذا ما بلغت سطحها انصبت الى الفضاء اشعاع طاقة . بينما التيارات الاقل حرارة ترجع الى باطن الشمس منطلقة بسرعات هائلة ، الامر الذي ينتج عنه تصادم الذرات التي تتلاحم وتتأين (أي تفقد او تكتسب الكترونا داخل ذراتها) في اندفاع جنوني محموم بسرعات تبلغ في المتوسط ١٥٠ كيلو متر في الثانية ، على غير هدى ودون أن تخضع لاي قانون او نظام ظاهرين في هذا الخضم المستعر .

والمفروض أن المصدر الاكبر للطاقة يكمن في قلب الشمس ، الاكثر سخونة (حوالي ٢٠ مليون درجة مئوية) ، والذي يظن

العلماء أن قطره يبلغ حوالي ٢٢٤ ألف كيلو متر ، بينما تبلغ درجة حرارة سطح الشمس حوالي ٦ آلاف درجة مئوية . لقد أعطت النظرية الذرية Atomic Theory ، أروع تفسير لمصدر طاقة الشمس من حيث الاقتناع بتحول المادة الى طاقة . فالحقيقة أن عمليات اندماج ذرية متوالية تتم بين عناصر الشمس فتنطلق الطاقة منها . وكأن الشمس كتلة ذرية ضخمة يحدث بها اندماج نووي ، يشبه ما يحدث في القنبلة الهيدروجينية ، مع سيطرة خارجية قوية عليها لتنطلق الطاقة منها ، في بطء وباتزان ويحقق هذه السيطرة ذلك الضغط الهائل ، الواقع عليها حتى انه يبلغ مليون طن على السنتيمتر المربع الواحد .

والتفاعلات الحرارية النووية التي تنتج الطاقة الشمسية ، ليست متصورة على عملية تحويل نووية واحدة ، بل هي تتابع كامل من التحويلات المترابطة ، أو سلسلة تفاعلات يسهم فيها نوى العديد من العناصر التي نشأت أصلا من اندماج الهيدروجين ، مادة الكون الاساسية . ومن الواضح أن للعملية الحرارية النووية ناتجا مهما جدا ، الا وهو انطلاق تلك الطاقة الاشعاعية الجبارة ، ولذلك فسطح الشمس دائب الحركة حتى لترى السنة تشق عنان السماء في نافورات هائلة تذهب الى ارتفاعات شاهقة قد تصل الى آلاف الكيلو مترات .

ومعظم انواع الطاقات الكامنة في الارض أصلها من الشمس ، فالفحم والاخشاب والبترول وغيرها ما هي في الواقع الا طاقات شمسية مختزنة أنتجتها خلال ملايين السنين ، التفاعلات الفوتوكيمائية للاشعاعات الشمسية المختلفة التي هي ــ ولا شك ــ قوام الحياة الاولى على كوكب الارض .

البقع الشمسية

تتولد على سطح الشمس المستعر ، بقع داكنة وسط السطح المضيء الابيض اللامع .. انها البقع الشمسية Sunspots .

ولربما كانت البقع الشمسية أكثر الظواهر المتصلة بالشمس وضوحا ، وقد اصبحت موضع دراسة علماء الفلك في الوقت الحاضر . انها تتخذ شكلا واضحا : فهناك منطقة مركزية تسمى الظل Umbra ، وهي محاطة بمنطقة أكثر اضاءة تسمى شبه الظل Penumbra . والبقع الشمسية أقل لمعانا من سطح الشمس ، لانها اقل منه حرارة بحوالي ٢٠٠٠ درجة ، كذلك تبدو مراكزها على مستوى أكثر انخفاضا من باقي السطح . والبقع الشمسية لا تحدث فرادى وانما تظهر عموما فيمجموعات ، ويمكن أن تحتوي المجموعات الكبيرة على بضع مئات من البقع من جميع الاحجام ، تنشأ عن نمو سريع لاثنتين منها ، تسمى الاولى (القائدة) وهي السباقة الى الحافة الغربية لقرص الشمس ، وتكون عادة أكثر الاثنتين تماسكا وقوة ، اما الثانية فيطلق عليها اسم (التابعة) . والبقعة القائدة والتابعة لهما مجالان مغناطيسيان متضادا القطبية ، أحدهما موجب والاخر سالب .

وغالبا ما تظهر مجموعتان متوازيتان من البقع على جانبي خط استواء الشمس ، ويعتقد علماء الفلك المحدثون بانهما تتكونان عند انقسام مجال مغناطيسي ، حلقي الشكل قادم منمركز الشمس، كما يميلون الى الاعتقاد بأن المجال المغناطيسي ينشأ قبل البقع الشمسية ، وانها ربما تنشأ بفعل هذا المجال او ربما بسبب التيارات الكهربية الهائلة التي تسري في الشمس . وعند القيام بتحليل للطيف لهذه البقع الشمسية ، يتضح انها مراكز لدوامات اضطراب شديد اذ تظهر الحركة الحلزونية للغازات بوضوح قرب هذه البقع ، كما تبدو الغازات وكانها تمتص الى داخل البقع .

وقد اتضح للعلماء أيضا أن عدد البقع الشمسية ليس ثابتا ، بل يتدرج من حد أدنى الى حد اقصى ، ثم يهبط مرة اخرى الى الحد الادنى ، خلال مدة مقدارها ١١ عاما تقريبا . فعند الحد الاقصى للدورة قد تظهر العديد من البقع ، وعند الحد الادنى لها قد يظل قرص الشمس بلا بقع اطلاقا لمدة لا تزيد عن اسابيع

معدودة . وهناك عدة ظواهر ارضية مرتبطةبدورة البقع الشمسية، اهمها ظهور العواصف المغناطيسية التي يصاحبها اضطـراب في الاتصالات التليفونية واللاسلكية ، كما تؤثر على المواصلات البحرية والجوية التي تعتمد على البوصلة المغناطيسية في تحديد اتجاهاتها .

محيط هائل من النار

يبدو قرص الشمس للناظر اليه من الارض محدودا نتيجة للبعد ، ولكن في حقيقة الامر ان حجم الشمس يزيد عن حجم الارض، اكثر من مليون مرة . ومن أجل أن تبقى الشمس نجما مستقرا ، يلزم لها الاحتفاظ بنوع من التوازن بين جاذبيتها والضغط الهائل الناتج عن درجة الحرارة الجبارة في الداخل . فلولا وجود ما يعادل قوة الجاذبية التي تضم الغاز الى بعضه ، لما كان هناك ما يمنع الشمس من الانكماش الى الداخل ، وايضا لولا الجاذبية ــ التي تمنع الغاز المتأجج داخل الشمس من التمدد ــ لانفجرت الشمس وتبعثرت في الفضـــاء .

وواقع الامر ان القوتين تعملان معا ، بحيث تبقي الشمس تعادلا دقيقا بين اندفاع الغـاز الساخن في الداخل والخـارج ، والانكماش الى الداخل بفعل الجاذبية . وعند دراسةقرص الشمس وتصويره ــ خاصة وقت الكسوف ــ يمكن ملاحظة السنة شمسية، ممتدة خارج قرصها المضيء ، وتمتد هذه الالسنة المندلعة الى آلاف الكيلو مترات خارج القرص ، وهي تنبثق وتتشتت في كل الاتجاهات وبسرعات مذهلة تقترب من مليون كيلو متر في الساعة الواحدة .

وهذه الالسنة تأخذ أشكالا غريبة ، كما انها قد تنفصل من الاجزاء السفلية من قـرص الشمس ، ولكـن ليست كل هـذه الاندلاعات متحركة بهذه السرعة العالية ، اذ أن بعضها يظهر هادئا كنتوء بارز من قرص الشمس في غير حركة سريعة ، ويكون متوسط ارتفاعه حوالي ٨٠ الف كيلو متر .

وهنا يتبادر سؤال وهو : مم تتكون هذه الالسنة الهائلة ؟ للاجابة على هذا السؤال يستخدم العلماء جهاز المطياف الشمسي Spectro-Heliograph الذي يستخدم لدراسة الشمس ومكوناتها والتعرف على طبيعتها . ويقسم العلماء الشمس وغلافها الجوى ، الى طبقات أو محيطات Spheres ، يمتد آخرها الىملايين الكيلو مترات في الفضاء .

وعندما ننظر الى قرص الشمس أثناء الشروق أو عند الغروب ، لظهر لنا سطحه الاملس الخالي من التجعدات والنتوءات ، وكأنه ينعم بالهدوء والتجانس . ولكن هذا ليس في الواقع الا خداع نظر ، فالشمس اقرب ما تكون الى محيط هائل ثائر متلاطم الامواج ، ومسرح لاشد انواع الدوامات Swirls والتدفقات Spurts والاعاصير والعواصف المغناطيسية ، وزوابع الحمم والتفجرات ، كلها تجتاح الشمس في كل أجزاءها . والشمس لا تنفرد ـ دون غيرها من النجوم ـ بهذه الظواهر بل ان الحال في كثير من النجوم الاخرى أعنف حركة واشد ثورة .

ويقسم العلماء الطبقات المختلفة المكونة للشمس الى ما يلي :

الفوتوسفير (الطبقة الضوئية) Photosphere

يسمى قرص الشمس الذي نراه (الفوتوسفير) أو الطبقة الضوئية وهي الجزء الخارجي المشع للضوء ، ويبلغ عمقه حوالي ٤٠٠ كيلو متر . ومن هذه الطبقة ينتج الجزء الاكبر من الحرارة والضوء ، اللذين نستقبلهما على الارض . ويتضح من الدراسات الفلكية ان عنصري الهيدروجين والهليوم هما أكثر العناصر شيوعا في الفوتوسفير ، فبينما تبلغ نسبة الهيدروجين ٩٠ في المائة من عدد الذرات الموجودة يبلغ الهليوم ٩ر٩ في المائة ، اما العناصر الثقيلة مجتمعة فهي عبارة عن ١ر في المائة . وتنتشر في طبقة الفوتوسفير البقع الشمسية ، تلك الدوامات الهائلة التي تجتاح سطح الشمس .

وهناك نظرية حديثة عن أصل هذه البقع ، تقول بأن الشمس جسم غير متماسك فلذلك تدور أجزاؤها المختلفة ، بسرعات دورانية متباينة . ويكون الدوران أسرع نوعا ما في المناطق الاستوائية ، عنه في المناطق القطبية ، ويتسبب هذا الفرق في السرعات الى تكوين دوامات على سطح الشمس ، بنفس الطريقة التي تتكون بها الدوامات في الانهار سريعة الجريان ، نتيجة لاختلاف سرعة التيار . ان سطح الفوتوسفير - في المناطق غير المضطربة بفعل البقع الشمسية - له مظهر حبيبي ، أطلق عليه احيانا تركيب (حبات الارز) . وتبدو هذه الحبيبات Granulations في الفوتوسفير كمساحات لامعة بقطر يبلغ من ٣٠٠ الى ١٥٠٠ كيلو متر ، ويفصل بينها مناطق ضيقة أقل اضاءة .

ولتفسير حدوث الحبيبات في طبقة الفوتوسفير : أنه عندما تسخن الطبقات السفلى من الشمس تتكون تيارات حمل من الغاز وتتمدد ، فترتفع خلال الطبقة الاكثف الى اعلى ، ونتيجة لهذا تنشأ عملية دائرية تنتقل فيها الحرارة من المستوى الاسفل الاسخن ، الى المستوى العلوي الابرد نسبيا . وما الحبيبات الا الاعمدة الصاعدة من الغاز ، الذي تم تسخينه بواسطة الطاقة في قلب الشمس المتاجج . اما المناطق الاقل لمعانا والواقعة بين الاعمدة الصاعدة من الغاز الساخن ، فهي عبارة عن غاز بارد نسبيا ، يهبط الى اسفل .

الطبقة العاكسة Reversing Layer

وهي الطبقة التي تعلو الفوتوسفير مباشرة ولا يتجاوز سمكها عدة مئات من الكيلو مترات ، وهي على صغرها النسبي ذات أهمية كبرى لعلماء الفلك ، لانها الطبقة أو المجال الذي تتم فيه عملية امتصاص الذرات والجزيئات لجزء من الطيف الضوئي للشمس ، وينتج عن ذلك خطوط الامتصاص ولها شدتها النسبية . وعن طريق دراسة هذه الطبقة العاكسة ، تمكن علماء الفلك من الوقوف

على الكثير من المعلومات الفيزيائية والكيماوية للعناصر الموجـودة بالشمس ، وبأنها تحتوي على حوالي ٦٨ عنصرا منها الهيدروجين والهليوم والاوكسجين والنيتروجين والكالسيوم والكربون والصوديوم والنحاس والحديد والرصاص . وفي الطبقة العاكسة توجد اغلب العناصر الموجودة في الشمس ، ومن الجدير بالذكر انه ليست هناك حدود فاصلة مميزة بين هذه الطبقة ، والطبقة التالية وهي الكروموسفير أو الطبقة الملونة .

الكروموسفير (الطبقة الملونة) Chromosphere

يرجع السبب في وجود الفلاف المضيء المحيط بقرص الشمس ، الى وجود غاز الهيدروجين الذي يكون الطبقة المكونة لجو الشمس ، ويعرف هذا الفلاف باسم الكروموسفير . وهي الطبقة التالية للطبقة العاكسة علوا ، وقد اكتسبت هذه التسمية من تلك الصبغة الوردية التي تستمدها من الهيدروجين ، والتي تبدو واضحة في حالة الكسوف الكلي للشمس ، عندما يحجب القمر قرص الشمس ، فتبدو طبقة الكروموسفير كحزام احمر يحيط بظل القمر ، ويظهر في صورة تاج أو اكليل مضيء في بهاء لامع .

ويقدر عمق هذا الاكليل او تاج الشمس Corona حوالي ٤٨٠ الف كيلو متر ، وابعادها ليست منتظمة وقد تمتد منها انبثاقات طويلة تسمى النتوءات او الالسنة ، تبرز من وراء الطبقة الغازية خارج حافة الشمس . ان تاج الشمس جزء من الاجواء العليا للشمس Upper Atmosphere ، وهو مكون من الكترونات طليقة تبلغ سرعتها حوالي ١١ مليون كيلو متر في الساعة . وتاج الشمس لا يرى في الحالات العادية ، لان ضوء الشمس يحجبه ولكن يمكن مشاهدته بوضوح اثناء الكسوف الكلي للشمس .

ويفسر بعض علماء الفلك وجود هذا الاكليل الشبيه بالقناع ، بأن ذرات العناصر المختلفة تمتص جزءا من ضوء الشمس وتمسك

به مؤقتا ، ثم تطلقه مرة اخرى . وكل ذرة عندما تقوم بهذا تر
ضوءا بشكل لون مميز ، وعلى ذلك فان طاقة الشمس به
الطريقة يتم امتصاصها ثم اطلاقها ثانية ، وعليها طابع الذرة
امتصتها ، ويمكن بواسطة المطياف تحليل ضوء الاكليل الى
متباينة . وقد كان علماء الفلك ــ لسوء الحظ ــ بطيئين في
في هذه الناحية ، فعلى مدى خمسين سنة ، كانت ا
الخضراء في اكليل الشمس تعزى الى عنصر جديد غير معر
الارض ، أطلق عليه اسم (كورونيوم) ، ولكن جاء العالم
ايدلين ليبين ان الخطوط الخضراء ، ناتجة عن ذرات
عنصر الحديد نزعت منها الكتروناتها . فأيون الحديد
من نواة داخل سحابة من الالكترونات يبلغ عددها ٢٦
لكن بعض هذه الالكترونات تفلت في درجات الحرارة

وتفقد ذرة الحديد في اكليل الشمس ١٣ الكتر
يحدث عندما ترتفع درجة الحرارة الى عدة ملايين
وهذه الالكترونات المنتزعة من ذرة الحديد ترسل ا
قوية ، تدلنا على درجة الحرارة الهائلة في اكليل ا

وترتفع درجة حرارة الاكليل والكروموسفير ، بسبب س
الانفجارات التي تحدث في الطبقات الداخلية . ان الفوتوسفير
جحيم جائش ، ترتفع اليه من الداخل غيوم عملاقة محملة بالحرارة
اللافحة ، ونستطيع بتلسكوب خاص قوي أن نرى طبقة الفوتوسفير
وهي ذات سطح مليء بالملايين من الخلايا أو المراكز البراقة . وكل
منها تبدو كانفجار قنبلة هيدروجينية عملاقة ممتدة على بقعة
قطرها حوالي ٨٠٠ كيلو متر . وهذه الينابيع الشمسية ترفع من
درجة حرارة الكروموسفير والاكليل الشمسي .

وقد تثور أحيانا طبقة الفوتوسفير بعنف غير مألوف ، فتقذف
مادة تشق طريقها عبر الكروموسفير والاكليل ، ويندفع سيل من
الغاز المتأجج في جو الشمس آلاف الكيلو مترات . ولكن يتأثر هذا

الغاز في حركة اندفاعه ، بخطوط القوى المغناطيسية فينحني الى الاكليل ، ثم يعود الى طبقة الفوتوسفير مرة أخرى . ويمكن رؤية هذا الغاز المتوهج بسهولة حين يحجب بريق الفوتوسفير الخاطف ، ابان الكسوف الكلي للشمس ، فنجد السنة براقة من الغاز (النتوءات) تندلع من حافة الشمس ، وقد وجد أن معظم هذه النتوءات تبدأ وتنتهي على حافة احدى البقع الشمسية .

والبقعة الشمسية ليست منطقة عاصفة ، وانما هي منطقة اقل حرارة من جوارها ، هادئة يعزلها مجال مغناطيسي شديد عما يحيط بها في منطقة الفوتوسفير . ولكن المادة حول البقعة الشمسية في حالة ثورة عنيفة ، والطاقة في داخل الشمس تندلع الى الخارج ـ من حول البقعة ـ مسببة الانفجارات الهائلة . وقد تكون هذه الانفجارات عنيفة أحيانا الى الحد انها تقذف بجزء من الفوتوسفير ، الى الفضاء الخارجي بحيث يتحول الى كتلة من الغاز المتأين ، تسير بين الكواكب بلا هدف .

ان الكروموسفير هو عبارة اذن عن نطاق تسوده حركات عمودية شديدة ، فخلاله لا تنتقل طاقة الشمس فقط وانما أيضا البروتونات والجسيمات التي تصبح جزءا من الرياح الشمسية التي تنطلق من الشمس . والكروموسفير ايضا هو المكان الذي يولد فيه الوهج او التاجج الشمسي Solar Flare ، **وهي منطقة** محلية ترتفع حرارتها ـ وكثير ما يكون ذلك فجأة ـ الى درجة غير عادية . وقد تغطي مساحة كبيرة تبلغ عشرا من واحد في المائة من سطح الشمس كله . والتعليل المرجح لهذا الارتفاع المفاجىء في الحرارة ، هو أن ثمة اضطرابا مغناطيسيا ينتج جسيمات سريعة الحركة تصطدم بمادة الشمس العادية .

وعند حدوث الوهج الشمسي ، كثيرا ما تقذف الشمس جسيمات سريعة الحركة في اتجاهات متزايدة الاتساع ، ومن السهل تمييز ما يصل من هذه الجسيمات المنطلقة ناحية الارض .

والتوهجات الكبيرة فقط هي التــي تتــولد منــها عواصف مــن البروتونات ، وسحب مــن الجسيمــات المشحونة تتداخــل مع الاتصالات اللاسلكية على الارض ، كما تشكل خطورة على رواد الفضاء بالقرب من النجوم . وتنتشر التوهجات عادة في منطقة البقع الشمسية مصحوبة بمجالات مغناطيسية معقدة ، ويكون هناك فرصة اكبر لحدوث التوهجات أثنــاء نمو البقعــة الشمسية . وتختزن التوهجات الشمسية كميات هائلة من الطاقة ، الامــر الذي يبدو واضحا في ذلك الطوفان من الجسيمات التي يقذف بها في الفضــاء .

نظرية التموجات الصوتية

لقد اوضحنا أن مادة الشمس ، من اسفل الطبقة المضيئة الى عمق كبير في باطن الشمس ، في حالة هياج مضطرب . والواقع ان الغاز يخترق الطبقات التي تعلوه حتى يصل الى الطبقة المضيئة (الفوتوسفير) ، وعندها يمكن رؤية ذلك برصد الشمس مباشرة . والغاز « يغلى » في بوتقات يصل اتساعها الى نحو الف كيلو متر ، وتسمى بالحبيبات وتنتشر في الفوتوسفير . ولقد تقدم بعض علماء الفلك بنظرية تقول بأن هذه الغازات المتحركة تحدث تموجات « صوتية » ، وفي أثناء اتجاهها الى اعلى تخترق غازات أخرى وتصطدم بها ، وهذا يجعل التموجات الصوتية تزداد عنفا ، فاذا ما وصلت الى الاكليل الشمسي تولد ذلك النوع شديد العنف الذي يعرف باسم (موجات الاصطدام) ، وهذه الموجات الاخيرة ـ في رأي أنصار نظرية التموجات الصوتية ـ هي التي تسبب ارتفاع درجة حرارة الاكليل الشمسي .

ويوجه الى هذه النظرية النقد الآتي : ان الحركات الموجودة فعلا على الارتفاعات التي تعلو هذه الطبقة السفلى من جو الشمس (أي على ارتفاعات تزيد عن الفي كيلو متر فوق الفوتوسفير) ،

ليست في الواقع من النوع الذي تقول به النظرية ، فالحركات التي تحدث فعلا هي بصفة عامة من نوع الحركة الناتجة عن حركة المادة نفسها ، وليست من نوع الحركة التموجية .

الاندماج النووي فوق الشمس

منذ ثلاثة او اربعة بلايين سنة ، أي عندما كانت الشمس صغيرة السن نسبيا ، (يبلغ عمرها الان حوالي خمسة بلايين سنة) كانت الشمس اصغر مما هي عليه في الوقت الحاضر .

ولا بد ان كوكب الارض ، قد تعرض في الماضي السحيق لاشعاع فوق بنفسجي واشعة جاما ، بقدر اشد كثيرا مما يتعرض له الان . واساس كل هذه الاعتبارات ان نشاط طبقة الكروموسفير في الشمس ، يمكن ان يضمحل مع الزمن وانه ظل مرتبطا بالضعف التدريجي الحادث للمجال المغناطيسي للشمس . وبرغم ان الشمس لم تعد قوية مثلما كانت ايام شبابها ، فانها باقية كنجم مستقر بعد ان تركت وراءها حياة مليئة بالنشاط استمرت فترة طويلة .

ويقدر ما فقدته الشمس منذ بداية حياتها ، بحوالي خمسة في المائة من كتلتها نتيجة التفاعلات النووية ، وقد كسبت الشمس بعض الكتلة من جراء ما التصق بها من غبار وغاز ما بين النجوم ، ولكن هذه الاضافة اقل كثيرا مما فقدته . اما تطور الشمس المقبل فيتوقع علماء الفلك للشمس ، اذا استطاعت الاستمرار في انفاق ما لا يزيد عن ٦٥٠ مليون طن من الهيدروجين في الثانية ـ كما تفعل في الوقت الحاضر ـ ان تظل تنتج الطاقة لفترة اخرى طولها نحو ٥ بلايين سنة (اي خمسة آلاف مليون سنة) ، وبعدها تتحول الى عملاق احمر ثم قزم ابيض ، كما سيتضح من الفصل القادم .

وتحدث طاقة الشمس عن طريق ما يعرف بالتفاعلات النووية الحرارية ، خلال تحويل الهيدروجين الى هليوم . وتعرف الطريقة التي يتم بها ذلك التحويل في قلب الشمس ، بسلسلة البروتون ـ بروتون Proton-Proton .

وهناك ايضا طريقة اخرى يمكن بها ايضا التحويل عن طريق دائرة الكربون ، اذا بلغت درجة الحرارة حوالي ٢٠ مليون درجة ، وحيث ان درجة الحرارة في معظم أجزاء داخل الشمس تبلغ حوالي ١٥ مليون درجة ، فان تفاعلات البروتون ـ بروتون هي الاكثر اهمية وشيوعا . ولكن كيف يتم حدوث هذا التفاعل النووي الذي اطلق عليه اسم (البروتون ـ بروتون) ؟ . لا بد في البداية من ان نعرف ان الظروف الغريبة السائدة في قلب الشمس ، من درجة حرارة تبلغ ١٥ مليون درجة ، وضغط يصل الى تريليون (مليون مليون) طن فوق البوصة المربعة (البوصة = ٥٤ر٢ سنتيمتر) ، كل هذا يفوق كل تصور بشري . فليس في استطاعتنا أن نقرب من اذهاننا مثل هذه الظروف المذهلة .

في مثل هذه الظروف ، لا يمكن أن يبقى اي تركيب ذري بل توجد فقط الكترونات حرة ، وبروتونات نووية منفصلة عن الكتروناتها . وليس من الضروري أن تكون التفاعلات النووية سريعة الحدوث ، والا ادى هذا الى تطاير الشمس في الفضاء . ان أول خطوة في التفاعل النووي هو اصطدام بروتونين . وكل بروتون في الواقع عبارة عن نواة ذرة هيدروجين ، منزوعا منها الكترونها الوحيد (ذرة الهيدروجين = الكترون واحد + بروتون واحد) ، وبالتحام مثل هذين البروتونين تحدث عدة تفاعلات . فبالتصاق البروتونين معا يكونان نواة النظير الثقيل للهيدروجين اي الدويتيريوم Deuterium ، وكنتاج جانبي لهذا الاصطدام ، ينشأ من فائض طاقة الحركة والشحنة انتاج جسمين اخرين هما : النيوترينو Neutrino والبوزيترون Positron .

والنيوترينو هو جسيم ذري اولي ليس له كتلة أو شحنة ، وهو يرفض التفاعل مع اية مادة في الكون على الاطلاق ، فبمجرد نشأته ـ كنتيجة لتصادم البروتونين ـ فانه ينطلق مخترقا كتلة الشمس الى الفضاء . وهناك أعداد هائلة من النيوترينوات تجوب أرجاء الفضاء باستمرار ، وتنشأ كناتج من مخلفات بلايين النجوم ،

وكثير من هذه النيوترينوات يمر خلال الارض كما لو كان كوكبنا غير موجود . أما البوزيترون فهو ، كما عرفنا ، عبارة عن مادة مضادة او نقيض مادة . فالالكترون كما عهدناه ، هو جسيم دقيق عليه شحنة سالبة ، أما البوزيترون فهو الكترون ولكنه يحمل شحنة موجبة . وبعد تحرر البوزيترون خلال اصطدام البروتونين ، فانه يجد نفسه محاطا بالالكترونات العادية ذات الشحنة السالبة ، وفي جزء من الثانية يصطدم بالالكترون العادي ، فيتلاشيان معا وينبعث عنهما وميض من الطاقة . اما الخطوة الثانية في التفاعل — بعد تكوين نواة الدويتريوم (أي الهيدروجين الثقيل) — فتتم في بضع ثوان ، حيث تقتنص نواة الدويتريوم بروتونا اخر ، فتصبح ذات ثلاث بروتونات معا ، ويتحول احد هذه البروتونات الى نيوترون متعادل الشحنة ، وتتكون نواة خفيفة للهليوم (يطلق عليها هليوم — ٣) . كما ينشأ عن التغيير الشديد في هذا التفاعل ، انطلاق اشعة جاما — اقصر الاشعاعات الكهرومغناطيسية طول موجة واكبرها طاقة — وتكون نتيجة هذا تحرير المزيد من الطاقة الشمسية .

وفي كل ثانية يتم بواسطة تفاعل البروتون — بروتون (أي التفاعل النووي الحراري) ، تحويل نحو ٥٧ مليون طن من الهيدروجين في مركز الشمس ، الى ٦٥٣ طن من الهليوم مع فقد ما يساوي ٥ ملايين طن من الكتلة ، تتحول الى طاقة شمسية . وعلى هذا ، فان كتلة الشمس تكفي نظريا بضع مئات البلايين من السنين ، حتى يتحول كل ما فيها من هيدروجين الى هليوم ، وهذا لا يعني بالطبع أن الشمس سوف تظل كنجم مستقر لهذه الفترة الطويلة من الزمن ، بل ستنتابها عدة تغييرات حتى تموت في النهاية كقزم أبيض خامد . وتأخذ الطاقة الناتجة في قلب الشمس ، شكل فوتونات ضوئية مرتفعة الطاقة ، وبدخول فوتون هذا النطاق المشع يمتصه جسيم — ايون أو الكترون أو ذرة — وفي جزء من الثانية يتخلص الجسيم من الطاقة التي امتصها على شكل فوتون أو اكثر ، ولكن اقل طاقة مما تم امتصاصه من قبل .

ينطلق الفوتون بسرعة الضوء بعد انبعاثه من الجسيم ،وبالرغم من هذه السرعة الهائلة فانه لا يبتعد كثيرا ، فسرعان ما يمتصه جسيم اخر ثم ينبعث ثانية على شكل فوتون أقل طاقة مما سبق . وبهذه الطريقة يمر كل فوتون من جسيم الى اخر ، وبذلك يمتص الفوتون ثم يشع تريليونات المرات ، وفي أثناء ذلك يصل الفوتون عبر الطبقة المشعة الى سطح الشمس ، ولكن تقدمه بطيء جدا . ولقد اتضح من الحسابات الفلكية أن الفوتون لا يتحرك في المتوسط لاكثر من جزء من الف من السنتيمتر ، حتى يقتنصه جسيم اخر ويعيد اطلاقه . ونتيجة طبيعية لحركة الفوتونات العشوائية فانهـا لا تنتقل جميعها باتجاه سطح الشمس ، بل تنتشر في جميع الاتجاهات حتى ان بعضها يعود مرة أخرى الى الداخل .

ولكن نظرا لان درجة حرارة قلب الشمس أعلى من درجة حرارة الطبقة المشعة للضوء ، فان الفوتونات المنطلقة الى الخارج تصبح في طاقتها ، وتكون النتيجة الاجمالية انتقال الطاقة بعيدا عن قلب الشمس الى أعلى الطبقة المشعة . وتتسرب الطاقة الى سطح الشمس ، وهي تتعرض لمقاومة تتمثل في انتقالها من جسيم الى اخر وهي على هيئة فوتونات ، وقد قدر العلماء أن الطاقة الناشئة في الطبقة الداخلية ، يلزمها حوالي مليون سنة لكي تصل الى الفوتوسفير . لذلك فان ضوء الشمس الذي يسقط على الارض في الوقت الحاضر ، ربما نشأ من قلب الشمس عندما كان الانسان البدائي فوق كوكب الارض ، يهيم على وجهه لا هم له الا ايجاد طعامه واستمرار نوعه .

هل تمـوت الشمس ؟

ما هي التغيرات التي يتوقع علماء الفلك حدوثها في الشمس ، نتيجة للاستهلاك البطيء لوقودها الهيدروجيني ؟ .

قد يبدو للوهلة الاولى أن ذلك الاستهلاك لا بد مؤد الى هبوط مستمر في انتاج الطاقة فيها ، فتذبل شمسنا ببطيء وتأخذ في

البرودة والخفوت بمضي الزمن ، ولكن ابحاث علماء الفلك اثبتت ان هذا لن يكون ، وان شمسنا يتزايد بريقها في الواقع كل يوم . ذلك ان سرعات التحولات النووية الحرارية لا تتوقف على مقدار العنصر المتفاعل فحسب (وهو الهيدروجين) ، بل تتوقف كذلك على درجة الحرارة التي تسببت في التفاعل . فاذا فرضنا مثلا انه رغم النقص في كمية الوقود الكلية قد حدثت زيادة في درجة الحرارة ، فان البقية الباقية من الوقود « ستحترق » بشدة أكثر ، وتبدو الشمس أكثر لمعانا مما لو كان « الفرن » الشمسي مملوءا بالوقود عن آخره . وفي اتون الشمس المستعر تختلف قدرة الغازات على امتصاص الاشعاع ، فالهليوم (الذي يتكون في باطن الشمس نتيجة لاندماج الهيدروجين) أكثر قدرة على امتصاص الاشعاع من الهيدروجين الاصلي . وبذلك تلاقي الطاقة المنطلقة من التفاعل الحراري النووي ، صعوبات اكبر في طريقها نحو سطح الشمس .

وكلما زاد مقدار الهيدروجين الذي يتحول الى هليوم ، كلما قل سطوع الطبقات المحيطة بباطن الشمس ، ويترتب على ذلك تراكم الطاقة في الجزء المركزي للشمس ، مما يؤدي الى زيادة في درجة الحرارة وفي معدل انتاج الطاقة . وتبين الحسابات الفلكية أن الاشعاع الشمسي آخذ في الازدياد ، وانه سيزيد ألف مرة عندما يوشك الهيدروجين على النفاذ . وانه بتناقص كمية الهيدروجين الموجودة في الشمس ، يتزايد نصف قطر الشمس بنسبة كبيرة ثم يأخذ بعد ذلك في التناقص بالتدريج .

وبدلا من أن تنتهي الحياة على الارض بسبب البرودة الشديدة ، الناتجة من نقص الطاقة الشمسية ، نجد ان الحياة على الارض مقدر لها الفناء بسبب الحرارة الهائلة ، التي ستولدها الشمس عندما تقترب من ختام تطورها . فزيادة الاشعاع الشمسي بمعدل أكثر من الاشعاع الحالي مائة مرة ، ستؤدي الى رفع درجة الحرارة على سطح الارض الى درجة تزيد على درجة غليان الماء ، فتغلي البحار والمحيطات ، وان كان من المحتمل الا تنصهر الصخور الصلبة المكونة للقشرة الارضية .

ومن الصعب ان نتصور وجود كائن حي على سطح الارض ، في مثل هذه الظروف ، وان كان من المحتمل أن يؤدي تقدم العلوم في هذا الوقت ـ الذي يفصل بيننا وبينه خمس بلايين من السنين ـ الى امكان حفر انفاق وبيوت في باطن الارض تكون مكيفة الهواء ، حيث يمكن للانسان ان يعيش فيها . وقد يجعل تقدم العلوم في الامكان ، ايجاد سبيل اخر لاستمرار الحياة رغم هذا الارتفاع في درجات الحرارة .ولكن ينبغي الا يغيب عن بالنا أن التغيرات التي ستطرأ على الاشعاع الشمسي ، ستكون غاية في البطء .

ويمكن أن يبين بالحساب الفلكي أن زيادة النشاط الشمسي ، تؤدي الى رفع درجة حرارة سطح الارض ببطء بالغ الى حد أن عصورا جيولوجية بأكملها قد انقضت ، ولم تفقد خلالها الشمس الا ما يقرب من واحد في المائة مما تحتويه من الهيدروجين . كما لم ترتفع درجة حرارة الارض بأكثر من درجات معدودة . ان نتائج العمليات النووية الحرارية في الشمس ، لن تأتي على شكل كارثة مفاجئة نكون غير مستعدين لها ، بل ستكون نتائج متوقعة ومعروفة قبل وقوعها بفترة طويلة .

وعندما تستهلك الشمس جميع ما بها من هيدروجين ، فلن يبقى بها اي مصدر من مصادر الطاقة النووية ، وبمجرد أن تفقد الشمس هذا المصدر ، الذي يحفظ عليها حرارتها عدة بلايين من السنين ، فانها تعود الى توليد الحرارة عن طريق التقلص ، ثم يقل الاشعاع الشمسي رويداً رويدا حتى تقرب الشمس من نهايتها ثم تموت كقزم أبيض . كانت هذه قصة أحد النجوم متوسطة الحجم والقوة .. الشمس ، وهي أقرب النجوم الينا . ولننتقل الان الى مناقشة قصة بعض النجوم الاخرى الاكثر بعدا ، في اعماق الفضاء السحيق .

الفرق بين الكوكب والنجم

ان الكواكب والنجوم تبدو متشابهة في السماء ، من حيث الرؤية بالعين المجردة فحسب . اما اذا نظرنا اليهـا من خلال

تلسكوب قوي فالامر جد مختلف ، لاننا سنرى الكواكب بشيء من التفصيل ، على حين أننا لن نرى أقرب النجـوم الينـا ـ بعد الشمس ـ الا نقطا مضيئة في السماء لا يكاد المرء يميز احداها عن الاخرى . فما هو الفرق بين الكوكب والنجم ؟ .

نظرا لقرب الكواكب وبعد النجوم ، ولان أحجامها تبـدو للراصد متساوية ، وجب أن نتعرف على الفروق الاساسية بين النجوم والكواكب .

● الحجم .. حجم النجم عادة (باستثناء طائفـة الاقزام البيضاء ، كما سيتضح في الفصل القادم) ، اكبر بكثير من حجم الكوكب ، ومثال ذلك أن أكبر كواكب المجموعة الشمسية ـ كوكب المشتري ـ قطره ١٣٨ الف كيلو متر ، على حين ان قطر الشمس ـ وهي نجم متوسط ـ يبلغ مليون و ٣٨٤ الف كيلو متر .

● الاضاءة الذاتية . النجم فرن ذري اندماجي مستعر ، ومن ثم فهو مضيء اضاءة ذاتية (او ذاتي الاشعاع) ، كنتيجة للتفاعلات الاندماجية الهيدروجينية النووية التي تحدث في داخله وتتولد عنها طاقته المشعة ، اما الكوكب فجسم معتم بطبيعته ، فليست هناك تفاعلات من اي نوع (حرارية أو نووية) على سطحه ، واذا رأيناه مضيئا فذلك لانه يعكس ضوء الشمس أو اي ضوء من مصدر مشـع .

ويجب الا يغيب عن أذهاننا ، أن ارضنا كوكب ، وعند رؤيتها من سطح القمر أو من على سطح أي كوكب اخر من كواكب المجموعة الشمسية ، تبدو كما يبدو القمر ، ولكن لونها يميل الى الزرقة المتشحة بالبياض . أما اذا نظرت الى الارض من بعد اقرب نجم الينا ـ بعد الشمس ـ بمنظار يضارع ابعد المناظير الفلكية الحالية مدى فلن تراها ابدا ، بل سترى الشمس نفسها نقطة صغيرة من ضياء ، مثل آلاف النجوم التي تتألق كل ليلة في السماء . واستعار النجوم يرجع الى كتلتها الهائلة ، أما الكواكب والاقمار التي تدور

في افلاكها فمعتمة ، لان كتلتها من الصغر بحيث أن الضغط والحرارة في بواطنها غير كافيين لانتاج التفاعل النووي ، الذي يؤدي الى التحام الذرات وتأينها ، وهو ما يعبر عنه بالاصطدام فيخط مستقيم Head-On Collision ، والذي ينتج عنه عمليات التحويل العنصري (اي التحويل من عنصر الى اخر ، مثل تحويل الهيدروجين الى هليوم) ، عن طريق تفاعل البروتون - بروتون كما يحدث في الشمس مثلا . وأبعاد النجوم قضية لا بد من وعيها وعيا دقيقا اذا اردنا أن تكون الصورة التي نكونها عن الكون ، دقيقة بعض الشيء . فالمسافة بيننا وبين أقرب نجم منا - بعد الشمس - وهو النجم أ. قنطورس ، تزيد عن المسافة التي بيننا وبين أبعد كواكب المجموعة الشمسية (بلوتو) نحو سبعة آلاف مرة . وكل المعلومات التي نجمعها عن تلك النجوم البعيدة ، نحصل عليها عن طريق تحليل اطيافها وباستخدام علم الفلك الراديوي .

ونظرا للبعد الهائل للنجوم ، فان المقاييس التي اعتدنا عليها فوق الارض للابعاد الطولية ، سواء بالميل أو بالكيلو متر ، لا تصلح في قياس تلك الابعاد السحيقة لهذه النجوم . ولذا فقد ابتكر العلماء وحدة ملائمة ، لقياس ابعاد النجوم هي ما يسميه علماء الفلك (السنة الضوئية) Light Year ، فمن المعروف أن سرعة الضوء ٣٠٠ الف كيلو متر في الثانية ، فلو فرضنا أن شعاعا من الضوء صدر من جسم معين فانه خلال سنة زمنية كاملة يقطع بهذه السرعة مسافة تعادل : المسافة = ٣٦٥ يوما × ٢٤ ساعة × ٦٠ دقيقة × ٦٠ ثانية × ٣٠٠ الف كيلو متر .

= ٣٦٥ × ٢٤ × ٦٠ × ٦٠ × ٣٠٠٠٠٠

= حوالي ١٠ مليون مليون كيلو متر .

وتكتب $١٠^{١٢}$ (اي رقم ١٠ وامامه ١٢ صفرا)

فمعنى ذلك انه خلال سنة ضوئية يقطع شعاع الضوء حوالي ١٠ مليون مليون كيلو متر في الفضاء . ولذا فان هذه الوحدة

القياسية للمسافات الشاسعة ، يستعاض بها عن وحدات القياس المحدودة التي تستخدم فوق الارض .

وظاهر التسمية انها وحدة زمنية ، ولكن في حقيقة الامر هي وحدة طولية لقياس مسافة في الفضاء . ولعل مدى ملاءمتها للفرض تتضح اذا عرفنا أن أقرب النجوم الينا — بعد الشمس — وهو النجم أ. قنطورس ، يقع على مسافة ٢ر٤ سنة ضوئية . فاذا شئنا أن نحول هذه الوحدة الى كيلو مترات ، لنتصور هذا البعد بالمقارنة ببعد الشمس مثلا ، نجد انه يعادل :

٢ر٤ × ١٠^١٢

= ٤٢ مليون مليون كيلو متر

فمعنى ذلك أن بُعد نجم أ. قنطورس ، يزيد عن بعد الشمس عنا بثلاثمائة ألف مرة . وهناك من النجوم سحيقة البعد ، التي يصل الينا ضوؤها في آلاف السنين الضوئية وربما أكثر .

طوائف النجـوم Classes of Stars

ليست النجوم متشابهة تماما في الحجم ودرجة النشاط ولذا قسمت الى طوائف :

● النجوم فوق العملاقة Super Giants

ويطلق عليها بعض الفلكيين اسم (العمالقة العليا) أو (المردة الكبرى) ، وهي اكبر النجوم حجما ، كما انها اكبر الوحـدات الكونية المفردة المعروفة لنا حتى الوقت الحاضر ، وهي حمراء اللون وتعتبر من أقل النجوم حرارة بوجه عام ، وبعضها يتسع في حجمه بحيث يستطيع أن يحتوي في باطنه على اكثر من ٣٠ مليون نجم في حجم الشمس ، التي تتسع بدورها لاكثر من مليون كوكب مثل كوكب الارض .

ويزيد ضوء بعض النجوم فوق العملاقة ، آلاف المرات على ضوء الشمس ، ويبلغ قطر البعض منها ستة آلاف مليون كيلو متر، ومن امثلة هذا النوع من النجوم ابط الجوزاء .

● النجوم العملاقة Giants

وهي اقل حجما من النوع السابق ، كما انها حمراء مثلها ولذلك كثيرا ما يطلق عليها اسم العمالقة الحمر Red Giants أو المردة الحمر ، ويبلغ متوسط اقطارها نحو ٢٩ مليون كيلو متر ومن امثلتها نجم العيوق .

● نجوم التتابع الرئيسي Main Sequence

وهي تسمى ايضا النجوم المتوسطة او نجوم المنظومة الرئيسية ، وهي اقل حجما من العمالقة الحمر ، ومنها نجمنا الشمس ، وهي نجوم متقاربة في صفاتها من حيث اللون واللمعان والحجم . وهذه المجموعة من النجوم تكون الاغلبية العظمى في السماء ، اذ تبلغ حوالي ٨٠٪ من مجموع النجوم كلها ، واذا اخذنا شمسنا مثالا لهذه الطائفة من النجوم ، استطعنا أن نقول أن أقطارها تبلغ حوالي مليون و ٣٦٠ الف كيلو متر في المتوسط .

النجوم الاقزام Dwarfs

وتسمى غالبا الاقزام البيضاء White Dwarfs ، وهي أصغر النجوم حجما واكثرها كثافة ، ولا تتجاوز أقطار بعضها ٦ آلاف كيلو متر ، ولكن العجيب في أمرها أن كتلتها مركزة تركيزا هائلا ، وان كثافتها تقدر بمليون مرة قدر كثافة الماء ، ومن أمثلتها نجم الشعرى اليمانية ب .

اقدار النجوم Star Magnitudes

تتفاوت درجة لمعان النجوم في السماء للناظر اليها من الارض ، ولان عامل البعد عن كوكب الارض يؤثر في درجة هذا اللمعان ، فالنجوم القريبة منا ربما تبدو اكثر لمعانا من البعيدة عنا . وعلى العكس ، فالنجوم البعيدة يضعف لمعانها لكبر المسافة بيننا وبينها .

ان المصطلح المستخدم في تقدير بريق النجوم أو شدة لمعانها يسمى قدر النجوم ، وقد اتفق علماء الفلك على تقسيم النجوم ـ التي يمكن رؤيتها سواء بالعين المجردة أو بالتلسكوب ـ الى ٢٣ قدرا ، ونحن لا نستطيع ان نرى بالعين المجردة الا النجوم التي تنتمي الى القدر السادس فقط . فأقل النجوم خفوتا ـ والتي يمكن رؤيتها بالعين المجردة ـ تعتبر من القدر السادس ، أما التي من القدر الخامس ، فيزيد لمعانها عنها بمرتين ونصف تقريبا ، والتي من القدر الرابع اشد لمعانا من سابقتها في القدر بمرتين ونصف أيضا وهكذا .

وبذلك يمكن تقسيم اقدار النجوم على النحو التالي :

قـدر النجم	نسبة اللمعان
القدر الاول	١٠٠ر٠٠
القدر الثاني	٣٩ر٨٠
القدر الثالث	١٥ر٨٥
القدر الرابع	٦ر٣١
القدر الخامس	٢ر٥١
القدر السادس	١ر٠٠

ويتضح من هذا الجدول أن النجوم التي من قدر معين ، تزيد لمعانا عن نجوم القدر التالي بحوالي ٢ر٥ مرة . فنجوم القدر الاول تزيد ١٠٠ مرة في اللمعان عن نجوم القدر السادس ، اي انه كلما قل القدر زاد اللمعان . وبنفس هذا المقياس نجد أن قدر الشمس

كنجم هو (−٧ر٢٦) ، ونجوم الاقدار السالبة أكثر لمعانا من نجوم الاقدار الموجبة ، كما ان نجوم القدر (صفر) أشد لمعانا من نجوم القدر الاول .

ولكي يلغي علماء الفلك عامل بعد النجوم عنا ، فقد تخيلوا ان النجوم جميعا مصطفة على مسافة واحدة هي ١٠ بارسك (البارسك وحدة فلكية = ٢٦ر٣ سنة ضوئية) ، وقارنوا في هذا الوضع التخيلي بين درجات تألقها . ويطلق على درجة اللمعان عند المسافة المذكورة ، اسم القدر المطلق Absolute Magnitude . ولا تحدد الاقدار المطلقة للنجوم وفقا للمعانها المرئي لنا من سطح الارض ، فقد يبدو النجم للعين خافتا وهو في حقيقة الامر ، شديد اللمعان ولكنه يبعد عنا بعدا شاسعا . لذلك يجب أن نفرق بين اقدار النجوم وبين التماعها ، اي بريقها بالنسبة للراصد من سطح الارض ، فنجم الشمس أكثر الاجرام الفضائية التماعا لنا ، ومع ذلك فالنجم فوق العملاق ابط الجوزاء ، يزيد لمعانه عن لمعان الشمس ٣٦٠٠٠ مرة ، ولكنه يبدو نجما عاديا في السماء . والسبب في ذلك يرجع الى أن النجم ابط الجوزاء يبعد عنا ٣٠٠ سنة ضوئية ، على حين أن الشمس تبعد عنا ٨ دقائق ضوئية فقط .

حرارة النجوم

يتعين علينا في دراسة الخواص الطبيعية للنجوم أن نعرف − الى جانب لمعانها المطلق − التركيب الطبيعي لضوئها الذي تشعه ، حتى يتسنى لنا تعيين درجة حرارة هذه الاجسام النائية .

ولحسن الحظ هناك خواص مميزة عديدة للاشعاع الذي تشعه الاجسام الساخنة ، وهذه الخواص تمكننا من تقدير درجات حرارة النجوم حتى ولو لم يعرف لمعانها السطحي . فمن المعروف أن الاجسام حينما تزداد حرارتها باضطراد تبدأ باطلاق اشعاع احمر نوعا ما ثم يتغير لون الاشعاع الى الاصفر فالابيض ، واخيرا يصبح الاشعاع أزرق بازدياد درجة الحرارة .

وهذه التغيرات في لون الضوء المشع ترجع الى تغييرات نسبية في شدة الاجزاء المختلفة من طيف الاشعاع ، نتيجة لتغير درجة الحرارة . فتتحول النهاية العظمى للضوء المشع تدريجيا من الجزء الازرق منه ، كلما ارتفعت درجة الحرارة . وهكذا يمكننا بمقارنة لون الضوء الذي تشعه النجوم المختلفة ، تكوين فكرة عن درجات الحرارة النسبية لاسطحها .

ان اختلاف الوان النجوم يشاهد بالعين المجردة ولكن بصعوبة بالغة ، لان جو الارض يمتص الاشعاعات من كلا جانبي الطيف المرئي . فاللونان الاحمر والازرق يصيبهما تخفيف، مما يقوي اللون الابيض . وفي عهد غزو الفضاء كشفت السماء عن وجهها الحقيقي، ودهش رواد الفضاء من منظر النجوم متعددة الالوان التي تبرز في سماء سوداء ، حتى في وضح النهار . ويحلم علماء الفلك بتلسكوب هائل خارج نطاق غلافنا الجوي ، يدرسون به بامعان هذه النجوم وغيرها من الظواهر الفلكية .

وقد تم ترتيب النجوم في نظام خاص يسمى بالتتابع الطيفي ، يعتمد في التقسيم على خواصها الطيفية ، وهذه الخواص بدورها تنبيء عن درجات الحرارة السائدة في هذه النجوم . وقد رمز للانواع الطيفية بالحروف اللاتينية . O B A F G K M N

وكل حرف منها يدل على مرتبة معينة متميزة من النجوم ، يمكن تعيينها من طيفها بسهولة . ويدل الحرف الاول من اليسار (O) على اكثر النجوم سخونة ، اما الحرف N فيرمز الى ابرد نجم .

وكلّ من هذه الحروف ينقسم بدوره الى مجموعات فرعية ، يرمز لها باعداد من صفر الى ٩ ، وتكتب بالانجليزية الى يمين الرمز الطيفي . فالنجم K9 مثلا ، هو ابرد نجم في النوع الطيفي K وهو في نفس الوقت اسخن من نجم Mo ، وبالتالي فان نجما نوعه الطيفي Mo اكثر سخونة من نجم نوعه الطيفي N وللايضاح نقدم فيما يلي جدولا يبين تصنيفاً للنجوم حسب نوعها الطيفي :

النوع الطيفي	حرارة الطبقة الضوئية (فهرنهيت)	لون النجم
O	١٠٠٠٠٠	ازرق
B	٤٥٠٠٠	ازرق باهت
A	٢٠٠٠٠	ابيض مائل للزرقة
F	١٣٠٠٠	ابيض
G	١١٠٠٠	اصفر
K	٩٠٠٠	برتقالي باهت
M	٦٠٠٠	برتقالي
N	٤٠٠٠	حمراء

وتنتمي الشمس الى النوع الطيفي G2 ، وتوجد تقريبا في منتصف التقسيم النجمي ، ويبلغ لمعان اقوى نجم معروف مليون مرة قدر لمعان الشمس ، كما ان اقل النجوم لمعانا يبلغ مليون مرة اخفت من الشمس .. ان لون النجم ينبىء عن درجة حرارة سطحه المشع ، فاكثرها حرارة هي النجوم الزرقاء والبيضاء المائلة للزرقة ثم النجوم البيضاء الخالصة اما النجوم البيضاء المائلة للصفرة فاقل حرارة من الانواع السابقة ، وتليها في درجة الحرارة النجوم برتقالية اللون ثم تاتي في النهاية النجوم الحمر ، التي تعتبر اقل النجوم جميعا حرارة . وكل درجات الحرارة السابقة تتعلق باسطح النجوم ، اما بواطنها فتصل درجات الحرارة فيها الى ملايين الدرجات .

التتابع الرئيسي

ان معظم النجوم في السماء يطلق عليها اسم التتابع الرئيسي ، ومنها شمسنا . وهذه النجوم تقاوم العوامل التي تؤدي الى تقلصها ، عن طريق استهلاك وقودها من الهيدروجين في داخلها . والعامل الحرج الذي يمكن ان يفرق بين النجوم المختلفة في خط

التتابع الرئيسي هو الكتلة . فبعض النجوم مثل الشعري اليمانية ، وهو من النجوم الباهرة في السماء ، ويعادل ٢ر٢ من كتلة الشمس ، وهو أشد حرارة ومن ثم ضوءا من الشمس ، فيعادل لمعانه ٢١ مرة لمعان الشمس .

ان سطوع النجم في خط التتابع الرئيسي يعتمد على كتلته ، ففي نجم هائل مثل الشعري اليمانية نجد أن قلبه يتحمل ثقل غلافه الخارجي ، عن طريق الاحتفاظ بضغط شديد ينتج عن الحرارة المستعرة في باطنه ، وكنتيجة لهذا فان النجم يحتفظ بطاقة حرارية اكثر من التي تتسرب الى الفضاء ، ومن ثم يضيء بشكل باهر . وعلى الفرن الذري داخل النجم ان يتأجج حتى يتمكن من تعويض الطاقة المتسربة الى الخارج ، ويكون في باطن النجم مجموعة من التفاعلات النووية فائقة السرعة .

أما في نجوم التتابع الرئيسي الاقل كتلة ، فان باطنها يكون اقل حرارة حيث ان ثقل الغلاف الخارجي ، المطلوب الاحتفاظ به ، اقل عبئا ومن ثم فالضغط أقل والحرارة اكثر انخفاضا ، وتكون التفاعلات النووية أكثر بطءا والطاقة الحرارية المتسربة للخارج أقل ، وهكذا فالنجم يشع كمية أقل من الضوء . وهذه الصورة لنجوم التتابع الرئيسي المختلفة في الكتلة ودرجة اللمعان والحرارة ، لا تبين بشكل واضح القصة الكاملة لتطور النجوم منذ الميلاد وحتى الموت . فالنجوم توجد على خط التتابع الرئيسي طالما تكون قادرة على استهلاك وقودها من الهيدروجين في باطنها ، وعاجلا ام آجلا ، ومع تحول الهيدروجين في داخل النجم الى هليوم في المناطق المركزية ، فان الامر سينتهي بنفاذ الوقود الهيدروجيني من داخل النجم . وهنا يختلف ما يحدث للنجوم ، فالنجوم ذات الكتلة الضخمة والتي تتميز بالتفاعلات النووية السريعة ، سينتهي وقودها الهيدروجيني بأسرع من نجوم أخرى كتلتها اقل . فالشمس ـ على سبيل المثال ـ ستبقى في خط التتابع الرئيسي لمدة خمسة بلايين سنة (اي خمسة آلاف مليون سنة) ـ اما نجم

الشعرى اليمانية ـ وهو كما بينا نجم اضخم من الشمس حوالي مرتين ونصف ـ فسيغادر خط التتابع الرئيسي الى مرحلة اخرى ، بعد ٥ر١ بليون سنة فقط .

وكان اول من لاحظ الفرق بين اللمعان ودرجة الحرارة هو الفلكي الدانمركي هيراتسبرانج والفلكي الامريكي رسل . وقد قام رسل في عام ١٩١٣ بترتيب كل النجوم المعروفة في شكل بياني خاص ، فوضع كل نجم على بعد معين من طرف الصفحة بناء على درجة حرارته والنوع الطيفي ، وعلى ارتفاع معين من طرف الصفحة بناء على قدره المطلق .

وحيث أن اللمعان الحقيقي يعتمد على كل من درجة الحرارة والحجم ، فان ادراج النجوم على شكل يمثل فيه اللمعان الحقيقي المحور العمودي والنوع الطيفي المحور الافقي ، يعطينا فكرة عن احجام النجوم . فاذا تساوت درجتا حرارة نجمين (اي اذا تساوى نوعاهما الطيفي) ، واختلف حجماهما كان النجم الاصفر موجودا في الشكل الى الاسفل من النجم الاكبر ، لما للأول من مساحة سطح صغيرة نسبيا ، وبالتالي فان لمعانه منخفض عن الاخر . وبنفس الطريقة نجد انه اذا تساوى لمعان نجمين ، واختلف نوعاهما الطيفيان ، فان النجم الاكبر هو الابرد .

وقد دهش رسل عندما وجد ان آلافا عديدة من النجوم التي حددها على الشكل السابق ، وقعت ضمن خط صغير هو التتابع الرئيسي . واذا بدراسة آلاف النجوم تعطينا نقاطا منظمة مرتبة ، واذا بالفوضى في الرصد تعطينا في جمهرة النجوم تنظيما ، واتضح ان الشمس عضو في هذه المجموعة وتقع في النصف الاسفل من التتابع الرئيسي . ويتضح من شكل هـ ـ ر H-R (وهو اختصار لكلمتي هيراتسبرانج ـ رسل) ، أن معظم النجوم تقع في الشكل على شريط يمتد من اعلى الركن الايسر ، حيث توجد أكثر النجوم سخونة واشدها لمعانا ، حتى اسفل الركن الايمن حيث توجد أبرد النجوم واخفتها ضوءا ، وهذا هو شريط التتابع الرئيسي ، ويشمل

معظم النجوم كما ذكرنا . وهناك بعض النجوم التي لا يناسبها التتابع الرئيسي ، ومن هذه النجوم نوع بارد وبرغم ذلك فلمعانه كبير ، وبالتالي فلا بد من وضع هذه النجوم في الركن الايمن الاعلى من الشكل هـ ــ ر ، هذه هي النجوم فوق العمالقة وتحتها مباشرة توجد العمالقة ، والى اسفل في الركن الايسر توجد مجموعة من النجوم اقل لمعانا ولها درجات حرارة عالية نسبيا وحجمها صغير للغاية ، ولونها يميل للابيض ومن ثم أطلق عليها الاقزام البيضاء . وهي في واقع الامر نجوم متقلصة لان التفاعلات النووية التي تتم في قلوبها قد توقفت أو كادت ، ولم يعد فيها من الطاقة ما يقاوم سحق الجاذبية ، انها نجوم تحتضر .

وقد اتضح لعلماء الفلك انه بعد ميلاد النجم يتحرك الى خط التتابع الرئيسي ، ويبقى هناك لفترة من الزمن (ملايين السنين) كنجم مستقر . وبعد أن يستنفذ ما به من وقود ، يترك خط التتابع الرئيسي ليصبح عملاقا ثم يتحول الى قزم أبيض بعد أن يمر بعدة مراحل تطور أخرى . ان قصة حياة النجوم منذ ميلادهـا وحتى وفاتها ، من اغرب القصص في الكون وتتجاوز كل تصور بشري .

فاذا قارنا بين نجوم التتابع الرئيسي والعمالقة والاقـزام البيضاء ، لوجدنا انه يوجد حوالي ١٠٠ نجم على خط التتابع الرئيسي في مقابل كل قزم ابيض . وربما حوالي عشرة آلاف نجم على التتابع الرئيسي في مقابل كل عملاق من النجوم . وهناك نوع اخر من النجوم الباردة لا يظهر على شكل هـ ــ ر ، وهي النجوم تحت الحمراء Infera Red Stars . وبالرغم من قوة الدليل على وجود مثل هذه النجوم ، الا انه لا يوجد ما يثبت ذلك يقينا حتى الوقت الحاضر ، واذا كانت هذه النجوم موجودة فان عددها يمكن أن يكون معقولا . وقد وجد العلماء ــ من الناحية النظرية ــ أن هذه النجوم تشع في النطاق تحت الاحمر ، الذي لا يمكن رؤيته بالعين البشرية .

تقسيم الجمهرات Stars Populations

خلال شتاء ١٩٤١ ــ ١٩٤٢ ، قام العالم والتر بادي Walter Baade بتصوير مجــرة المراة المسلسلة Andromeda ، بلوحات تصويرية حساسة على الضوء الاحمر . فاسترعى انتباهه اختلاف النجوم المؤلفة لاذرع المجرة ، والنجوم الموجودة في المركز وفي المناطق الكائنة بين الاذرع . مما حمله على التفريق بين نوعين من نجــوم المجرة .

لقد اضطر علماء الفلك الى الاكتفاء في مجرتنا بمراقبة النجوم القريبة من الشمس ، وظنوا انهم وجدوا فيها عينة تمثل نجوم الكون . ولكن بعد اجراء عدة مقارنات ، اتضح خطأ وجهة النظر هذه ، اذ تظهر فروق واضحة في التركيب في بعض النجوم متساوية الكتل والاعمار ، ومن ثم نشأ المفهوم الجديد .. مفهوم السكان أو الجمهرة Population . ويتفق الفلكيون على أن النجوم المجاورة للشمس ــ وهي أقدم النجوم عهدا بالدراســة ــ تمثل جمهــرة رقم ١ .

وجمعت النجوم التي لها مميزات مختلفة في جمهرة ثانية ، وهي تؤلف بصورة خاصة التكتلات الكروية . ويطلق علماء الفلك اسم التكتلات الكروية على الحشود النجمية Clusters التي تلاحظ على ابعاد تتراوح بين الف و ٢٠٠ الف سنة ضوئية ، وتحتوي على عدد هائل من النجوم قد يبلغ عددها في الحشد الواحد عشرات الالوف واحيانا مئات الالوف . ويرى الحشد النجمي على شكل بقعة لامعة مثل النجم ، ولا بد من تلسكوب قوي لفصل هذا التكتل الى اجزائه ، فيرى فيه الانسان عندئذ تكثيفا مدهشا للنجوم .

اثناء رصد نجوم المجرة ، اتضح للعالم بادى انه في الاذرع الحلزونية للمجرة يوجد العديد من العمالقة الزرق وعدد قليل من العمالقة الحمر ، اما في قلب المجرة فقد وجد ان المع النجــوم عمالقة حمر ، ولا وجود للعمالقة الزرق . علل بادى هذا الامر ،

بوجود جمهرتين نجميتين مختلفتين . وبذلك أطلق على النجوم الزرق في اذرع المجرة وما حولها اسم الجمهرة الاولى ، وعلى النجوم الحمر في قلب المجرة اسم الجمهرة الثانية . واعتقد بادى ـ ويبدو ان هذا صحيحا ـ بان نجوم الجمهرة الاولى أقل عمرا ، وانها قد تكونت من الغاز الموجود في الاذرع الحلزونية الممتلئة بالغبار الكوني. اما نجوم الجمهرة الثانية فهي أكبر سنا ونشأت من الغاز الموجود في قلب المجرة ، والخالي نسبيا من الغبار الكوني . وفي الدراسات الفلكية الحديثة ، تم تقسيم جمهرتي بادى الى خمس جمهرات ، وهي مرتبة من الاصغر الى الاكبر سنا ، كما يلي :

* الجمهرة الاولى المتطرفة : وتشمل النجوم التي لا يزيد عمرها عن بليون سنة ، وتحت هذه الجمهرة تندرج النجوم من النوع الطيفي (O) ونجوم (B) الساخنة . واربعة في المائة من مادة هذه النجوم عبارة عن عناصر ثقيلة أي عناصر اثقل من الهيدروجين والهليوم .

* الجمهرة الاولى البينية : وتشمل النجوم التي يتراوح اعمارها بين بليون سنة وثلاثة بلايين سنة ، وثلاثة في المائة من مادة هذه النجوم مكونة من عناصر ثقيلة . وتنطوي الحشود النجمية المسنة تحت هذه الجمهرة .

* جمهرة القرص : وهي النجوم التي تتراوح اعمارها بين ثلاثة وخمس بلايين سنة ، وتتكون مادتها من اثنين في المائة عناصر ثقيلة . وتقع شمسنا ضمن هذه المجموعة .

* الجمهرة الثانية البينية : وتشمل نجوما تتراوح اعمارها من خمسة الى ستة بلايين سنة ، وتتكون مادتها من واحد في المائة عناصر ثقيلة . وتحت هذه المجموعة ، يوجد عدد من النجوم ذات سرعات عالية تصل الى ١٥٠ كيلو متر في الثانية .

٭ الجمهرة الثانية المتطرفة : وتشمل النجوم التي يتراوح عمرها بين ستة الى ستة ونصف بليون سنة ، وتحتوي مادتها على ٣ر في المائة عناصر ثقيلة . وتعتبر الحشود النجمية التي توجد في ارجاء مجرتنا مثالا لهذه المجموعة .

وبهذا التقسيم للجمهرات ، اتضح ايضا ان النجوم الاصغر سنا تحتوي على نسبة كبيرة من العناصر الثقيلة (اي الاثقل من الهيدروجين والهليوم) . ويبدو ان هذا دليل على ان الغبار والغاز الكوني ، اللذين تنشأ منهما النجوم الحديثة ، غنيان بالعناصر الثقيلة . فالنجم يولد من المادة المتاحة لتكوينه ، والمادة التي نشأت منها النجوم المسنة لا بد وان تكون فقيرة في العناصر الثقيلة . واخذ الاسباب لذلك ، انه في وقت نشأة هذه النجوم القديمة ، كانت معظم المادة الموجودة عبارة عن غاز مكون في الغالب من هيدروجين وهليوم ، وبزيادة عدد النجوم التي تكونت نقصت كمية الغاز .

ولكن النجوم ــ بعد نشأتها ــ اخذت في اعطاء بعض مادتها الى الفضاء المحيط بها ، بحيث تعوض بهذا بعض المادة غير النجمية التي تم استهلاكها في تكوين النجم . ويعتقد علماء الفلك ، ان عددا كبيرا من النجوم قد قذفت في الفضاء ببعض العناصر الثقيلة التي بنيت في داخلها ، فازدادت نسبة العناصر الثقيلة في الغاز الكوني بين النجوم .

ونتيجة لذلك فان النجوم الناشئة من غاز الجيل الثاني ، لمادة ما بين النجوم ، قد اتيح لها نسبة كبيرة من العناصر الثقيلة . فقبل نشأة اي نجم ، كانت المجرة مكونة من غاز مائة في المائة تقريبا ، اما في الوقت الحاضر فان اكبر تقدير لنسبة الغاز الكوني هو ١٠٪ من كل الكتلة في المجرة . الا ان وجود النجوم سوف يستمر في تزويد غاز وغبار مادة ما بين النجوم ، بحيث تمضي فترات طويلة جدا من الزمن ، قبل ان ينضب معين هذه المادة ، وتتوقف نشأة النجوم في الكون .

النجوم المتغيرة

هناك ظاهرة غريبة تحدث لبعض النجوم ، فتبدو غير ثابتة على حال لا من حيث الضوء ولا من حيث الحجم ايضا . ومن هذه النجوم النوع المسمى بالمتغيرات القيفاوية Copheid Variables ، وقد استمدت هذه التسمية من مجموعة القيفاوس التي اكتشف أول نجم من هذا النوع فيها .

وتتميز هذه النجوم بان حجمها — ومن ثم ضوؤها — يصغر ويكبر ، ويقل ويكثر ، في شبه حلقة دورية منتظمة . ويرجح علماء الفلك ان السبب في ذلك ، وجود قوتين متضادتين في هذه النجوم . الاولى : تشد أطراف النجم الى الداخل ، وهي الجاذبية . اما الاخرى : فتعمل في الاتجاه العكسي (اي الى الخارج) وهي الضغط الهائل داخل النجم . ففي الحالة الاولى ينكمش النجم وفي الاخرى ينتفخ . والمتغيرات القيفاوية ، عمالقة من الانواع الطيفية K, G, F وهي تحتل بقعة صغيرة من شكل (هيراسبرانج — رسل) . ومعظم النجوم في هذه البقعة هي القيفاوية ، وهي توجد في بقعة قليلة الكثافة بالنجوم ، ولهذا فهي نوع نادر .

ولو كانت الشمس من المتغيرات القيفاوية ، لكانت حرارة الفوتوسفير تتغير آلافا عديدة من الدرجات كل أسبوع ، ولكانت الحياة على الارض شبه مستحيلة . وهناك نجم من المتغيرات القيفاوية اسمه ميرا Mira في مجموعة قيطس Cetus ، وهو يشرق مدة شهرين كنجم من القدر الثالث ، ثم يختفي عن العين المجردة ، مع اننا نستمر في رؤيته بالتلسكوب ولكنه يتغير في القدر حتى القدر العاشر . ويظل خافتا عدة اسابيع ، ثم يزيد لمعانه مرة اخرى ليعود الى القدر الثالث وهكذا .

والواقع ان معظم النجوم العمالقة من مرتبة M ومرتبة N ، هي نجوم متغيرة ومن ذوات الفترة الطويلة . والتغير في اللمعان قد يكون نصف قدر فقط ، وقد يصل الى تغيرا يبلغ سبعة اقدار في

المتغيرات ذات الفترة الطويلة . وقد وجد علماء الفلك في اثنــاء انخفاض اللمعان في المتغيرات القيفاوية الى حدها الادنى ، خطوط امتصاص من ذرات الكربون ، وهذه الظاهرة تعطينا جزئيا عن خفوت النجم الشديد ، فاذ يبرد النجم تتكاثف ذرات الكربون في جوه ، حاجبة بعض الضوء الذي يبعث به .

ويرى بعض العلماء أن التألق الفجائي في المتغيرات ، مسبب عن غيوم من الغبار تقع على فوتوسفير النجم . ان نجوم من مرتبة M N خافتة باردة نسبيا ، وضغط اشعة ضوئها قليل ، فحينما يتحرك النجم من هذا النوع في منطقة بها غبار كوني ، يمتص جزءا من مادة هذا الغبار الكوني بالجاذبية . ومن الناحية الاخرى ، فان النجوم اللامعة من الانواع الطيفية ما بين K و O حارة وتشع كمية كبيرة من الضوء . وفي هذا الضوء من القوة ما يكفي للمحافظة على ضغط اشعاعي ، يدفع الغبار الكوني ويمنعه بالضغط عليه من الوقوع على سطح النجم .

والى اليمين قليلا من خط التتابع الرئيسي ، نجد نوعا نادرا جدا من النجوم يدعــى متغــيرات الثــور T Tauri Variables وانواعها الطيفية عادة N,M,K, والنجم منها اشد قليلا في اللمعان من مثيله على التتابع الرئيسي . وضوء هذه النجوم يتغير تغيرا شاذا ، ويعتقد علماء الفلك بأنها نجوم حديثة وغير مستقرة ، متكونة في السحب وان التغيرات موجودة فقط لان هذه النجوم لا تزال في عملية التقلص ، في طريقها الى خط التتابع الرئيسي . وفي مجرتنا نجد المتغيرات القيفاوية متناثرة ، ولا يوجد احد منها بالقرب منا . ويبلغ عدد المتغيرات المعروفة في مجرتنا حوالي ٢٠ الف نجم تنتمي الى نوع أو اخر منها . أما في سحابة ماجلان الصغرى ، فان معظم النجوم المتغيرة عبارة عن قيفاويات وتمثل نسبة كبيرة من المجموع ، برغم انها تعتبر مجرة صغيرة اذا قورنت بمجرتنا .

ومن الواضح أن المتغيرات القيفاوية لا تعاني في بريقها وخفوتها فقط من اختلاف في اللمعان ، بل أيضا من تغيير طيفي تتذبذب معه

الخطوط حول موضع متوسط . ويفسر هذا بازاحة دوبلر ، ففي الوقت الذي يتمدد فيه النجم يأخذ سطحه في الاقتراب منا فتنزاح الخطوط الطيفية الى الناحية الزرقاء ، وفي أثناء انكماش النجم مرة أخرى ، يتحرك سطحه مبتعدا عنا فتنزاح الخطوط الطيفية الى الناحية الحمراء من الطيف..

النجوم المتفجرة (النـوفا) Nova

ان التطورات في حياة النجوم بطيئة للغاية ، وذلك بالقياس بأعمارنا وتتطلب ملاحظتها ملايين السنين . فلو طبقنا ذلك على شمسنا لوجدنا ان الزيادة المضطردة في حرارة الشمس ، ثم انكماشها النهائي الذي يعقب حالة اللمعان القصوى ، تعتبر عند سكان الارض من الامور التي ليست لها الا أهمية نظرية بحتة لطول المدة التي يستغرقها هذا التطور . غير أن الارصاد الفلكية تكشف عن وجود كوارث ، تؤدي الى تغير كامل في حالة النجم خلال بضعة أيام فقط أو حتى بضع ساعات . فقد يحدث فجأة ، وبغير سابق انذار ــ أن ينفجر النجم بشدة ، ويزيد لمعانه عن لمعانه العادي آلاف المرات ، وفي بعض الحالات ملايين المرات . ومثل هذه النجوم، التي تكون قبل إنفجارها خافتة الضياء لا تلفت النظر ، تصبح فجأة من النجوم اللامعة في السماء فتجذب إهتمام علماء الفلك .

وعلى كل حال لا تستمر طويلاً حالة اللمعان الشديد هذه ، فبعد أن يصل النجم المتفجر بسرعة الى اقصى لمعانه ، يأخذ ضوؤه في الخفوت تدريجيا راجعا الى لمعانه الاصلي في غضون سنة أو نحو ذلك .

ولم يكن من الميسور قبل اختراع التلسكوب ، ان نشاهد بالعين المجردة الحالة الاصلية التي كانت عليها هذه النجوم قبل انفجارها ، ومن ثم اطلقو عليها اسم النجوم الجديدة Nova لانهم كانو يظنون انها نجوم نشأت حديثا . وقبل ان يتحول النجم الى

متفجر (نوفا) ، يكون قزما ابيض لا يكبر قطر كوكب المشتري الا قليلا ، ويتم التحول في بضع ساعات . فيبدأ فوتوسفير النجم في التمدد ويتحرك غلاف حار من الغاز الى الخارج بسرعة الف وخمسمائة كيلو متر في الثانية . وسبب اللمعان الزائد هو هذا الغلاف المتمدد ، واذا يندفع الغاز الحار الى الفضاء ، يصدر خطوطا لامعة في الطيف ، هي الخطوط التي يتميز بها الهيدروجين. وبعد يوم ، أو ما يقرب من يوم ، يبدأ الغلاف الغازي بالبرودة ، ويقل ارسال الضوء اللامع ، وفي النهاية يختفي الغلاف الغازي عن الانظار ، مع انه يستمر في الانتشار في الفضاء ، ويعود النجم الى حالته الاصلية .

النوفا اذن تنفجر وتقذف في الفضاء بجزء من مادتها ، ثم تنكمش بعد ذلك الى حجمها السابق ، وفي معظم الحالات تنفجر هذه النجوم ثانية ، ويتم هذا في بعضها على فترات منتظمة . ان الزيادة في لمعان النوفا تحدث غالبا بصورة مفاجئة ، وفي بعض الاحيان يستغرق ذلك بضع ساعات فقط ، أما نقص اللمعان فيتم تدريجيا ولو انه لا يخضع لقاعدة خاصة .

ولا يتم التمدد الفجائي للنوفا كخطوة واحدة قبل عملية الانفجار ، فيبدو ان اكثر من طبقة من طبقات النجم تقذف الى الفضاء ، وفي بعض الاحيان تنطلق عدة طبقات الواحدة تلو الاخرى ، وكل واحدة تتمدد بسرعة اكبر من سابقتها ، والمتوقع ان تلحق كل الطبقات ببعضها وبالطبقة القائدة . ولا يبدو ان أول زيادة في لمعان النوفا يأتي كنتيجة لارتفاع درجة الحرارة ، ولكن من زيادة مساحة الاشعاع بفعل الطبقة الغازية المتمددة الى ما يعادل عدة مرات قدر قطر النجم المركزي .

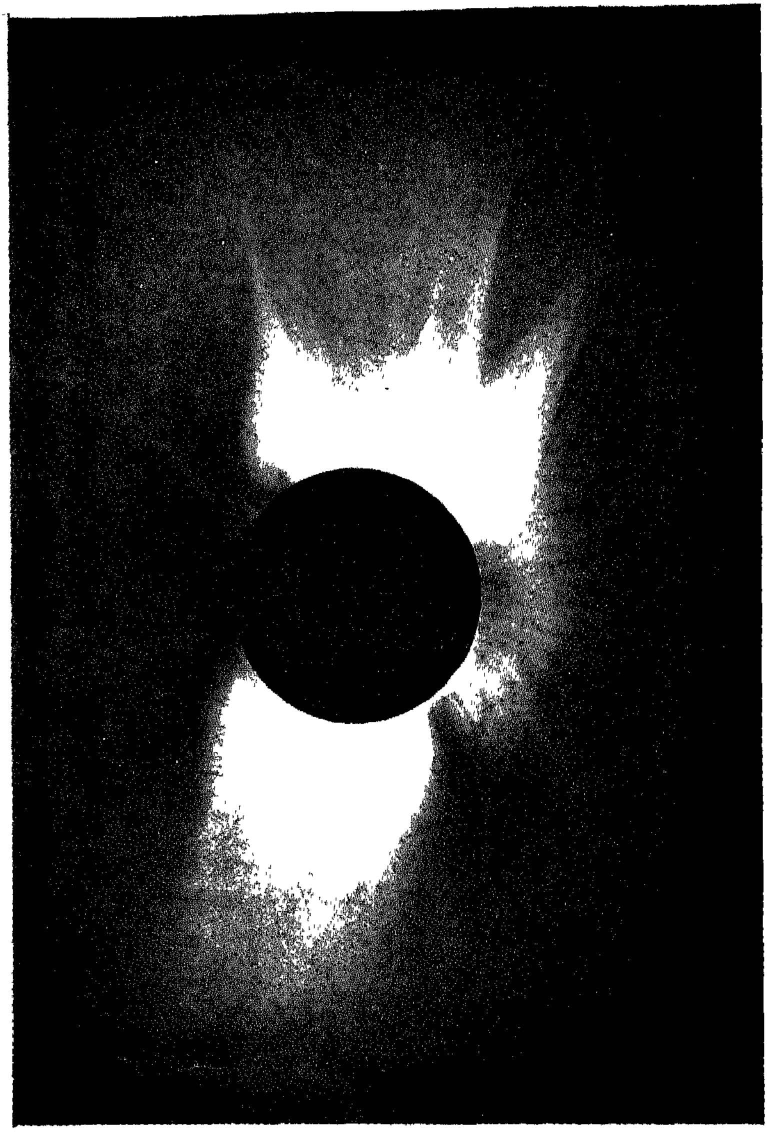
والطبقات الغازية هذه اصلا غير منفذة للضوء ، ولكن عندما تتسع وتتمدد تصبح شفافة ومن ثم يمكن رؤية ضوء النجم الاصلي خلالها . وبعد ذلك يبدأ لمعان النوفا في النقصان لتشكل اغلفة

معتمة حوله ، فالضوء ياتينا اساسا من النجم المركزي وليس من الاغلفة المعتمة حوله .

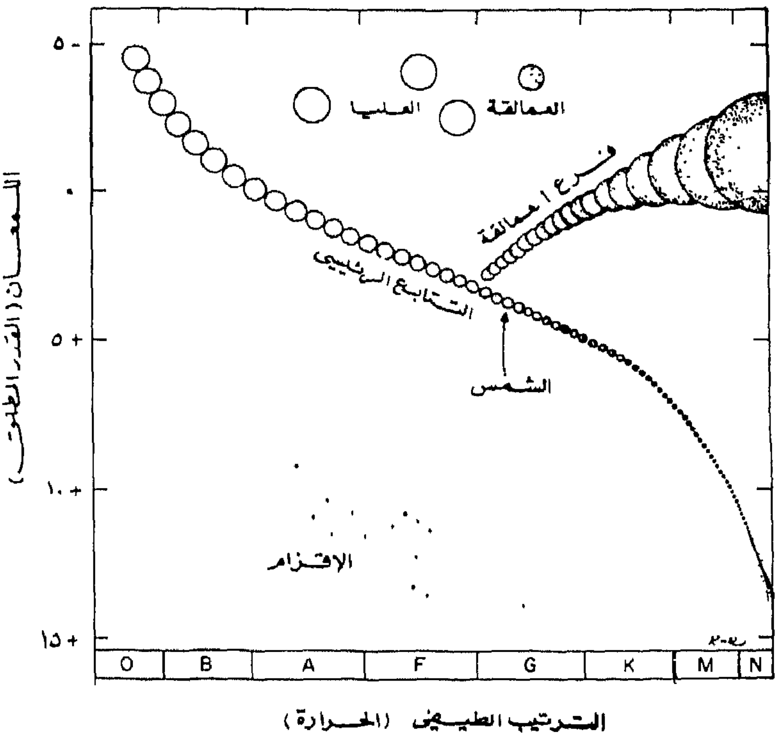
النجوم فوق المتفجرة (سوبر نوفا) Supernova

في حالات نادرة يحدث للنجم كارثة مروعة ، اذ تنفجر كل مادته في الفضاء فيتمزق الى اجزاء صغيرة . انه موت عنيف على مستوى النجوم ، فاذا كانت ظاهرة النوفا تقذف بجزء من مادة النجم في الفضاء ، فان السوبرنوفا تحطمه تماما .

وعند حدوث السوبرنوفا فان النجم يضيء مثل مجرة بأكملها، ويمكن بهذا مشاهدته بالعين المجردة وفي وضح النهار . ولعل بقايا انفجار السوبرنوفا والذي شوهد في سديم السرطان Crab Nebula ، عام ١٠٥٤ هو اشهر سوبرنوفا في التاريخ ، وهذا السديم عبارة عن كتلة غازية ممزقة على شكل حيوان السرطان البحري ، ومن هنا اشتق اسمه . ولعل حدوث ظاهرة السوبرنوفا في مجرتنا نادر ، ولكن هناك بعض حالات في المجرات الاخرى القريبة منا . وما زال سبب الانفجار المدمر لاحد النجوم مجهولا ، ولكن هناك بعض التفسيرات التي يلجأ اليها علماء الفلك ، كما سنرى في الفصل الثالث .

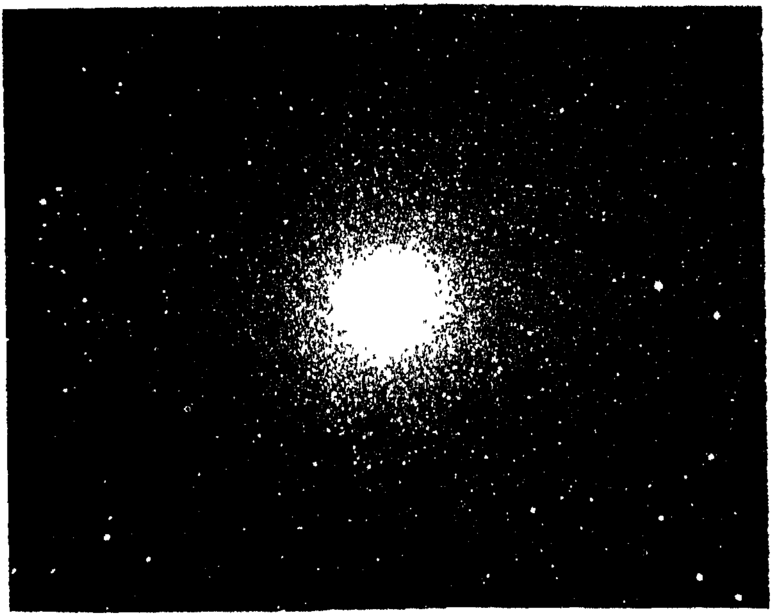


(شكل ـ ٢٦) الكسوف الكلي للشمس ويدل شكل الاكليل على وجود قوى مغناطيسية هائلة .



(شكل ٢٧)

خريطة هيرتسبرانج ـ رسل (هـ ـ ر) وهي بيان لتجمع النجوم حسب لمعانها ودرجة حرارتها ونوعها الطيفي .



(شكل رقم ٢٨)
الحشد الكروي (م ــ ١٣) في كوكبة الجاثي ويبدو واضحا الى اي مدى تصل كثافة النجوم في المركز .

٢
العمالقة الحمر والأقزام البيضاء

الوحدات الاساسية للكون

ان اكبر تقدم حدث في ادراك الانسان العصري للكون ، هو الاكتشاف بأن النجوم تنتظم في مجرات . وان كل النجوم التي تراها عين الانسان المجردة ، تنتمي لمجرة واحدة هي مجرتنا المسماة الطريق اللبني Milky Way او درب التبانة .. وما الشمس والمجموعة الشمسية الا مجرد عضو في هذا النظام الكبير الذي يتكون من حوالي ١٣٠ بليون نجم .. واستطاع علم الفلك الحديث أن يتجاوز ما في واجهة مجرتنا ، واقتحم النسيج الكوني الجبار الذي تكونه النجوم والغاز والغبار الكونيان ، واخترق الفراغات الشفافة التي تقع وراءه ، واكتشف تلك الجزر الكونية الهائلة التي تكون الوحدات الاساسية لهذا الفضاء اللانهائي .

ان هذه الوحدات الاساسية للكون ، هي المجرات التي تعرف بانها تجمع هائل من النجوم والغاز والغبار الكونيين والذرات المتاينة من الهيدروجين ، تتخللها مجالات مغناطيسية وكهربية جبارة . وخارج مجرتنا توجد مجرات اخرى كثيرة ، ربما يصل أعداد ما نستطيع رؤيته بمناظيرنا الفلكية منها عدة بلايين . والمجرات ليست موزعة بانتظام في الفضاء ، وانما توجد في حشود Clusters ، قد يبلغ عدد المجرات فيها حوالي عشرة آلاف .. أما المجموعة التي تنتمي لها مجرتنا فيطلق عليها اسم المجموعة المحلية Local Group وتتكون من ثمانية عشر عضواً ، واكبر مجرات المجموعة المحلية هي المراة المسلسلة وقطرها ١٣٠ الف سنة ضوئية ، بينما قطر مجرتنا ١٠٠ الف سنة ضوئية ، وتلك المجرة تحتوي على حوالي ٣٠٠ بليون

نجم أي أكثر من ضعف عدد النجوم في مجرتنا ، وهي تبعد عنا بنحو مليوني سنة ضوئية ، وتقابل مجرتنا في الطرف الاخر من مجرات المجموعة المحلية .

واقـرب المجـرات الينـا اثنتـان ، همـا سـحابتا ماجلان Magellanic Clouds الصغرى (قطرها ٢٥ الف سنة ضوئية) والكبرى (قطرها ٣٢ الف سنة ضوئية) وهاتان المجرتان الصغيرتان ، مستقلتان بذاتهما .

تصنيف المجرات Galaxies Classification

تقدم علم الفلك خطوة كبرى الى الامام ، عندما وجد انه يمكن وضع النجوم المتناثرة في ترتيب معين ، وايضا أمكن حديثا تصنيف المجرات الى ثلاثة انواع بالنسبة لشكلها :

* المجرات الاهليليجية (البيضاوية) irrigular
* المجرات اللولبية (الحلزونية) Spiral
* المجرات غير المنتظمة Elliptical

وتدل الاحصاءات الفلكية أن حوالي ٧٨٪ من المجرات لولبية، و ١٨٪ اهليليجية ٤٪ فقط غير منتظمـة . وهذه البلايـين من المجرات تنطلق بسرعة هائلة في الفضاء ، ويتخذ كل منها اتجاها يبتعد بها عن المجرات الاخرى ، ولنلق نظرة فاحصة على محتويات كل نوع من المجرات ، لنتعرف على هذه الجزر الكونية الجبارة .

المجرات الاهليليجية (البيضاوية)

تستمد اسمها من شكلها ، فهي كتل بيضاوية من النجـوم المتكاثفة حول المركز ، وتتكون هـذه المجرات غالبـا من النجوم الحمراء المتقدمة في العمر ، ولا تتكون فيها نجوم جديدة كما لا تحتوى على غبار كوني ، ويبدو انها انظمة مغلقة على نفسها في طريقها الى الفناء .

المجرات اللولبية (الحلزونية)

تتميز هذه المجرات بأنها ذات قلب مركزي بمثابة نواة لامعة في مركز القرص النجمي ، وهي تتكون من نجوم مسنة أما القرص المحيط بالنواة ، فهو مكون من نجوم شابة تتخللها غيوم كثيفة من الغبار الكوني التي تكون نجوما جديدة باستمرار . وتطوق هذا النوع من المجرات أذرع حلزونية تتكون من الغاز والغبار الكونيين . واذا ما نظرنا الى مجرة لولبية فيجب أن نحسب حساب الانحراف ، لاننا نرى بعضها مواجهة والبعض الاخر من زاوية أو من طرفها وسيكون من المستحيل عندئذ ، أن نرى اية تفاصيل في الاذرع اللولبية ، وتنقسم المجرات اللولبية الى مفلطحة ودائرية .

المجرات غير منتظمة

تسود في هذه المجرات النجوم الزرقاء حديثة النشأة يحيط بها غاز قاتم ، وعموما فان هذا النوع من المجرات ليس له شكل محدد ولكن يغلب عليها الشكل المسطح .

والمجرات عموما تختلف في احجامها ، فهناك منها العمالقة والاقزام . وكل مجرة تدور حول محور ، فالمجرات اللولبية تدور بحيث تجر أذرعها وتلفها معها ، ومثالها مجرتنا التي تدور في اتجاه عقارب الساعة ، اذا نظرنا اليها من القطب الشمالي وهي تسحب أيضا أذرعها اللولبية وراءها .

ويرى بعض علماء الفلك ان المجرات تتطور في الشكل ، تتابعا من النوع الاهليليجي الى النوع اللولبي بقسميه المفطلح والدائري . وحيث أن المجرات تحتوي على مجموعة كاملة من النجوم في دورة الولادة ، وأخرى في ريعان الشباب وثالثة تحتضر او تقضي نحبها في هدوء أو وسط انفجارات هائلة (سوبرنوفا) ، فهي تمثل دورة كاملة في حياة النجوم منذ الميلاد وحتى الموت .

ميلاد النجوم

كان الفلكيون القدماء يعتقدون بعدم وجود مادة بين النجوم ، فكانوا يرون في السماء الفارغة نجوما فقط تحيط بها اجواء رقيقة ، وكانوا يعتقدون أن النجوم ثابتة عددا . ولما اتضح ان النجوم تولد باستمرار وتشيخ وتموت ، كان لا بد من وجود مادة من نوع خاص بين النجوم في فضاء الكون الشاسع . وفي الوقت الحاضر ، اصبح علماء الفلك الحديث يعتنقون نظرية تقول بأن النجم يولد من وسط طبقات هائلة من الغاز والغبار الكوني . ففي البداية تظهر في السحابة الكونية الاولى عدة تمزقات نتيجة عدم استقرارها ، ونظرا لان جاذبيتها تولد تقلصات محلية ، فسرعان ما يكتسب بعضها شيئا من الاستقلال الذاتي ثم تثبت أجزاؤها بعضها ببعض ، بواسطة جاذبيتها الخاصة ... وهكذا يتكون النجم الاولي .

كما قد ينشأ النجم نتيجة دوامات في السحابة الكونية الاولى، في جيوب ذات كثافة عالية ، تبدأ في الانكماش حول واحد او اكثر من مراكز جاذبيتها . وعندما يتقلص نجم في دور التكوين فانه يكتسب دورانا محسوسا ، وترتفع درجة حرارته بتولد طاقة الجاذبية . وتنشأ هذه الحرارة كنتيجة لتصادم الذرات الهاوية نحو مركز الجذب ، بعضها ببعض ، ولا تكون عملية الالتحام النووي للذرات المنفردة في باديء الامر كثيرة الحدوث ، ومن ثم فان الطاقة التي تطلقها تكون قليلة .

ولكن استمرار النجم في الانكماش تحت ثقل طبقاته الخارجية المتراكمة ، يجعل ذرات « القلب » تنضغط في بعضها بعضا فتلتحم اكثر فاكثر ، اما المادة التي لم تندمج في النجم فتظل خارجة عنه على شكل سحابة رقيقة على بعد معين منه .

اشعة الكون .. تتدخل

ان النظرية الحديثة عن ميلاد النجوم تستعين في تفسيراتها على ما يسمى بتأثير القوى المغناطيسية ، داخل السحابة الكونية

الاولى . ويتم تاثير خطوط هذه القوى المغناطيسية ـ تبعا لهـذه النظرية ـ بفعل الاشعة الكونية ، التي هي في الغالب جسيمات عالية الطاقة ذات شحنة موجبة ، وتسير بسرعة تقارب سرعة الضوء ، ولذلك فهي تستمد من كتلتها وسرعتها الهائلة قوة دفع هـائلة . وتتمكن الاعداد الكبيرة من جسيمات الاشعة الكونيـة السـابحة في الفضاء ـ في الوقت الحاضر ـ من التأثير في خطوط القوى المغناطيسية الموجودة في مادة ما بين النجوم ، بحيث تأخذ هذه القوى شكل (اودية) عميقة ومن ثم يحدث تخزين للجسيمات الذرية الاولية ، التي تسبح على طول الخطوط المغناطيسية في الاودية ، وسيأتي الوقت الذي تتجمع فيه جسيمات بأعداد هائلة في الوادي ، وتكون قريبة من بعضها لدرجة تمكنها من بدايـة الانكماش الذي يؤدي الى بداية ميلاد نجم أولي . ان معظم الغاز الذي يدخل في تكوين النجوم هو الهيدروجين ، مخلوطا بكمية صغيرة من الهليوم وشوائب بسيطة من العناصر الاكثر ثقلا ، ويتخلل الغاز بعض الغبار الكوني ـ غير المعروف فوق سطح الكرة الارضية ـ والمكون من تجمعات دقيقة من الكربون والامونيا والميثان في درجة التجمد ، ذلك ان اول متطلبات بداية نشأة النجم هي كتلة باردة من مادة ما بين النجوم .

ولا توجد قواعد ثابتة تمكننا من القطع ، متى تتوقف كتلة معينة من الغاز من أن تصبح سحابة وتبدأ بالانكماش ، لتصير في النهاية نجما أوليا . وربما كان من الممكن الظـن بامكان حدوث الانكماش عندما تزداد كثافة مادة ما بين النجوم لدرجة تصبح معها قوى الجاذبية ، قادرة على تماسك الكتلة مع بعضها . وربما كانت هناك اوقات في اثناء الانكماش تتمكن فيها الاضطرابات داخل السحابة ، من تحطيمها الى كتل اصغر ـ قبل أن تصل الى مرحلة الاستقرار ـ ومثل هذا التحطيم يمكن أن يؤدي الى نشأة حشد من النجوم بدلا من نجم واحد .

النجم .. يتطور

لقد أوضحنا أنه عندما تصل قوة الجاذبية الى الحد اللازم ، تبدأ درجة حرارة الكتلة المتقلصة بالازدياد بفعل تزايد الضغط ، ويأخذ الغاز في المناطق المحيطة بها بالدخول الى النجم المكون حديثا ، فتزداد كتلته وتأتي الزيادة في درجة الحرارة كنتيجة لتحويل الطاقة الذاتية للنجم الاولي الى طاقة حرارية . وتستمر مرحلة النجم الناشيء لتشمل فترة قصيرة نسبيا في طريق تطور النجم ، وكلما ازدادت الكتلة كلما قصر الوقت اللازم لاتمام‌مرحلة النجم الناشيء ، فالنجم ذو الكتلة الكبيرة يمكنه بسبب شدة مجال جاذبيته القوي ، انجاز ميلاده في وقت قصير نسبيا . فلو كان النجم الناشيء في مثل كتلة الشمس ، فانه يحتاج حوالي ٥٠ مليون عام من بداية حدوث الانكماش حتى بداية انطلاق العمليات النووية الحرارية في مركزه ، بينما نجم كتلته اكبر من كتلة الشمس بعشر مرات يقطع نفس الشوط في نصف هذه الفترة الزمنية ، اما نجم كتلته خمس كتلة الشمس ، فيتطلب زمنا قد يصل الى خمسمائة مليون عام .

العمالقة الحمر Red Giants

يستمر النجم الناشيء في الانكماش وازدياد الضغط داخله ، حتى تبلغ درجة حرارته الداخلية حوالي نصف مليون درجة مئوية ، وهنا يبدأ تفاعل الدوتيريوم (أحد نظائر غاز الهيدروجين ، فبينما تتكون ذرة الهيدروجين من الكترون واحد وبروتون واحد فقط ، تتكون ذرة الدوتيريوم من الكترون واحد وبروتون ونيوترون) .

فاذا ما احتوى الغاز الذي دخل في تكوين النجم الناشيء على كمية كافية من الدوتيريوم ، فانه يمكن لذراته ان تبدأ في اجتذاب جسيمات ذرية اخرى ، ويعمل هذا التفاعل على تحرير بعض الطاقة ، ومن ثم الى زيادة درجة الحرارة الداخلية للنجم الناشيء حتى تصل الى حوالي عشرة ملايين درجة مئوية . وهنا يبدأ تفاعل البروتون ــ بروتون ، تماما كما يحدث داخل شمسنا ، وبحدوث

ذلك التفاعل النووي (كما شرحنا في الفصل الاول من الباب الثاني) يكون النجم الناشيء قد اصبح بالغا ، ويبدأ في الاستقرار ويتحرك الى خط التتابع الرئيسي ، ويظل عند هذا الخط معظم حياته .

ويستمر هذا الاستقرار النسبي حتى يتم استهلاك حوالي عشرة في المائة من الهيدروجين الموجود بداخل النجم البالغ ، وهنا يمكن القول بأن النجم قد استهلك جزءا حرجا من كتلته في الاندماج النووي الحراري . وبينما يتراكم رماد الهليوم ــ ناتج التفاعل النووي الحراري ــ عند القلب ، يستمر الالتحام في غشاء لامع حوله ، وليس لدى الرماد الداخلي أي مصدر للطاقة ، ومن ثم فانه ينكمش تحت ضغطه الذاتي المتزايد . وفي أثناء عملية التقلص هذه ، تنضغط نوى ذراته في بعضها بعضا ، وتنسحق الكتروناته وتخرج عن مداراتها ، ويترتب على ذلك انطلاق طاقة جاذبية تؤدي بالتالي الى رفع درجة حرارة القلب ، وهذا يؤثر على زيادة سرعة تفاعلات الاندماج ، التي تتم في الغشاء المحيط بالنجم .

عند هذا الحد يبدأ القلب في الانكماش ، فتتحرر طاقة تدفع المناطق الخارجية للنجم ، وتضطرها الى التمدد تحت تأثير الاشعاع المتزايد من الداخل ، وبانطلاق الطاقة التي سببها الانكماش يزداد قلب النجم حرارة ، بينما تبرد مناطق السطح . ويمكن تعليل ذلك بانه نتيجة للتمدد الضخم الذي حدث في تلك المناطق ، وايضا في المناطق الخارجية للنجم التي تشع الطاقة الزائدة ، وتؤدي سرعة تمدد هذه المناطق بدرجة أسرع من تزايد درجة الحرارة في قلب النجم الى ان تقل درجة حرارة سطحه لانه أصبح يشع طاقة اكثر .

وكنتيجة لهذا يصبح النجم اكبر حجما واكثر برودة في الخارج ، ومن ثم ياخذ لونه في الاحمرار وفي هذه الحالة يكون قد وصل الى مرحلة في تطور النجوم ، يطلق عليها (العمالقة الحمر) .

وفي مرحلة العمالقة الحمر ، تنخفض درجة حرارة سطح النجم الى أقل من النصف الذي كانت عليه عندما كان النجم في خط التتابع الرئيسي ، ويبدأ النجم في الانتفاخ الى مئات أمثال حجمه الذي كانه وهو في مرحلة التتابع الرئيسي . ويحاول دائما العملاق الاحمر أن يعيد التوازن الى كتلته حيث أن قلبه يتقلص ، وفي نهاية الامر تبلغ درجة حرارة القلب حدا معينا ، يبدأ عنده تفاعل نووي اخر حيثأن رماد الهليوم ـ ناتج اندماج الهيدروجين ـ الذي تخلف في مرحلة التتابع الرئيسي السابقة ، يصبح وقودا مرة اخرى ليتحول الى عنصر الكربون .

وبذا ينتج عن انكماش قلب النجم تغير خواص المادة الموجودة بداخله ، التي تصبح ما يعرف بالمادة المحايدة Neutral ، اي تلك المادة التي تختفي فيها كل التركيبات الذرية وتصبح مادة القلب عبارة عن كتلة من المواد الذرية الاولية المتراصة مع بعضها .

ويستمر انتاج الطاقة في قلب النجم خلال التفاعلات النووية الحرارية المستمرة ، بالاضافة الى الطاقة المنطلقة اثناء تقلص القلب ، ولا تستطيع الطبقة التي تشع الضوء والطاقة في النجم من التعامل مع هذه الكمية الكبيرة من الطاقة ، وتكون النتيجة ارتفاع درجة حرارة قلب النجم بشكل هائل قد تصل الى حوالي ثمانين مليون درجة مئوية .

وفي هذه الدرجة من الحرارة ، يدخل الهليوم في تفاعل نووي حراري متحولا الى عناصر اخرى أكثر ثقلا ، كالاوكسجين والكربون والنيون . وتنشأ عن كل هذه التفاعلات طاقة من أشعة جاما ، ومع استمرار اندماج الهليوم ترتفع درجة الحرارة أكثر فأكثر . ويسمى اندماج الهليوم بـ (الوميض الخاطف للهليوم Helium Flash) ، وذلك لان اندماج الهليوم يستمر للحظات بالنسبة لعمر النجم المتاجج ، اما بحساب سنواتنا فيستمر هذا الاندماج حوالي ألف عام ، الا أن هذه الفترة لا تعتبر الا لحظة في عمر النجم الذي يقدر

ببلايين السنين . ومن الواضح تماما ان هذا الوضع لا يمكن ان يستمر ، وهو حقا لا يستمر ، فبعد ان تصل درجة الحرارة الى الحد الذي يفوق كل تخيل ، حوالي ٣٥٠ مليون درجة مئوية ، لا بد أن يحدث شيء ما .

فبسبب عدم الاستقرار في التركيب الداخلي للنجم ، ياخذ حجمه وبالتالي لمعانه في الازدياد ثم يتقلص بعد ذلك ويخفت . وبعد أن يصل النجم الى مرحلة العمالقة الحمر، يبدأ في فقد كتلته بمعدل أسرع من ذي قبل ، ويرجع السبب في هذا الى زيادة مساحة السطح الذي يفقد الكتلة . ولو أن درجة الحرارة ارتفعت في قلب النجم الى حد معين ، فانه من الممكن أن يفقد كتلة اكبر خلال ما يعتريه من انفجارات صغيرة نسبيا تجعله يصبح نوفا Nova أو نجما متفجرا ، أو ربما يفقد النجم كمية كبيرة جدا من كتلته خلال انفجار هائل واحد ، فيضيء مثل مجرة بأسرها ويسمى سوبر نوفا Supernova أو نجما متفجرا بشكل جبار .

ومن أشهر العمالقة الحمر في الكون ، نجم ابط الجوزاء Betelgeuse في سديم الجبار Orion ، الذي يبعد عنا مسافة تقدر بحوالي ١٦٠٠ سنة ضوئية ، وسطح ابط (منكب) الجوزاء بارد نسبيا وهو يتمدد في فترات مختلفة . انه حقا نجم هائل يبلغ قطره حوالي ٣٥٠ مرة مثل قطر شمسنا ، ولو فرضنا ان هذا النجم كان في موضع الشمس الحالية ، لتبخرت كل الكواكب التسعة التي تكون المجموعة الشمسية .

أما الشمس فستصبح ايضا عملاقا أحمر ، ولكن بعد ٥ بلايين سنة (خمسة آلاف مليون سنة) ، وذلك عندما تستهلك وقودها من الهيدروجين ، ولكنها لن تصبح في حجم ابط الجوزاء ، وفي هذا الوقت ستستحيل الحياة فوق كوكب الارض لشدة ضياء الشمس وحرارتها .

ان ابط الجوزاء نجم في مرحلة الشيخوخة ، يحاول قدر جهده ان يستمر في الحياة بواسطة احراق وقوده القليل الباقي له ، وهو يقترب من الوقت الذي يستهلك فيه كل وقوده .

ما الذي يحدث لنجم مثل أبط الجوزاء ، عندما يقترب من نهاية حياته ؟ . عندما يبلغ مرحلة العمالقة الحمر ، يتقلص قلب النجم بفعل الجاذبية الهائلة التي تسيطر على النجم في هذه المرحلة ، وبين فترة واخرى يبدأ تفاعل نووي جديد عندما تبلغ درجة الحرارة في قلب النجم حدا معينا . فيتحول الهليوم بالاحتراق الى كربون وأوكسجين ثم يتحول الكربون الى نيون ومغنسيوم ، وهذا يتحول بعد سلسلة معقدة من التفاعلات الى عنصر الحديد ، حيث يتوقف انتاج الطاقة ويخمد النجم تماما .

اما تفاصيل تطور النجم في نهاية مرحلة العمالقة الحمر ، فيمكن شرحها : بان الجاذبية تؤثر في قلب النجم فيتقلص ، وقد يتأجل التقلص مؤقتا اذا كان التفاعل النووي داخل النجم قادرا على امداد مركز النجم بالطاقة ، بحيث يبقيه متأججا بدرجة كافية للابقاء على ثقل الغلاف الخاص بالنجم . وبالرغم من هذا فبمجرد انتهاء « الوقود » الذي ينتج الطاقة ، يبدأ مركز النجم في التقلص ويستمر تطور النجم الى نهايته الحتمية .

الاقزام البيضاء White Dwarfs

بعض النجوم ـ بعد حياة دامت ملايين السنين ـ تبدأ الدخول في مرحلة الشيخوخة ، ثم الاحتضار فمرحلة الموت ، وقد تختار لها نعشا أبيض فتموت فيما يعرف بالاقزام البيضاء .

لقد تركنا العملاق الاحمر وقلبه ما يزال يتأثر بالجاذبية ، فيزداد التقلص فيه ولكنه يتوقف من وقت لاخر ليسمح بحدوث تفاعل نووي في مركزه ، ولكن هل يستمر أثر الجاذبية منتجا التقلص ، هكذا بشكل مستمر وبلا نهاية ؟ . ان قصة حياة النجم

كلها تتلخص في صراع بين الجاذبية التي تعمل على تقليصه ، وبين القوة النووية التي هي عامل على تمدده ، وعندما يصل النجم الى نهاية حياته بعد مرحلة العمالقة الحمر ، فان القوى الحرارية تخسر المعركة في نهاية الامر مع الجاذبية .

أما الطاقة اللازمة للاحتفاظ بالحرارة فقد نفدت في الفضاء ، بينما كان النجم متأججا في فترة شبابه . وبمجرد انتهاء « الوقود » فان قلب النجم يبرد الى الحد الذي تختفي فيه أهمية الضغط الحراري ، وتصبح الغلبة شيئا فشيئا للجاذبية ، فيتقلص النجم حتى تصبح دقائقه متلاصقة تقريبا .

وهكذا لم يعد هناك مجال لأي تفاعل نووي بعد ان أصبح النجم نعشا ابيض ، للعناصر الثقيلة التي كونها النجم في مركزه ، عندما انتهى رصيد الهيدروجين الذي كان يكون معظم مادته منذ اللحظات الاولى لميلاده . وعندما يصل النجم الى مرحلة القزم الابيض يتوقف عن توليد الطاقة ، ذلك لانه لم يعد يحتوي على « وقود » كاف ، ويبدأ النجم في عملية تبريد طويلة وبطيئة يشع فيها طاقته الضئيلة بتقتير شديد في الفضاء .

ونظرا لأن النجم لم يعد قادرا على توليد الطاقة فانه لا يستبدل الطاقة التي يشعها باخرى ، وبعد زمن طويل يمتنع النجم عن الاشعاع في نطاق الموجات المرئية ، ويستمر في اطلاق اشعة تحت الحمراء (الاشعة الحرارية) التي لا نراها بالعين البشرية ، واخيرا يتوقف القزم الابيض عن الاشعاع ويستقر ببساطة عند ذلك ويبرد تماما ويصبح مجرد جسم أسود ميت .

وأول قزم أبيض تم اكتشافه في الكون ، هو الشعري اليمانية ب Sirius (B) من كوكبة الكلب الاكبر Canis Major وبينما يبدو نجم الشعري اليمانية منفردا في السماء اذا نظرنا اليه بالعين المجردة ، ولكن اذا استخدمنا التلسكوب ، فسيظهر ان هناك نظاما مكونا من نجمين مزدوجين Binary يدوران حول

بعضهما . فالنجم الاشد لمعانا هو الشعري اليمانية أ ، وهو على خط التتابع الرئيسي أي في مرحلة الشباب ، ومن الصعب ان نرى رفيقه (الشعري اليمانية ب) لان ضوء النجم الشعري اليمانية أ ، قوي الى الحد الذي يغطي بضوئه اي اشعاع خافت للقزم الابيض .

ويرجع سبب خفوت ضوء الشعري اليمانية ب ، الى أن حجمه صغير نسبيا ولان مادته مكدسة بشكل هائل ، فتحت ظروف الضغط الهائل السائد في قزم ابيض ، نجد أن التركيب الذري العادي غير موجود . فالالكترونات قد أرغمت على الخروج من مستويات طاقتها العادية ، وانضغطت كل الذرة بحيث اقتربت الكتروناتها من نواتها ، في حيز ضيق كثيف . وقد اعتصر فراغ كل ذرات الاقزام البيضاء ، وبذلك انضغطت كل مادة قلب النجم الى حوالي كوكب أو ربما أقل ، ومن ثم يكون وزن السنتيمتر المكعب من مادة القزم الابيض أكثر من طن .

لقد مر نجم الشعري اليمانية ب بمرحلة العمالقة الحمر ، واصبح في الوقت الحاضر قزما أبيض ، فكيف امكن له ان يتغلب على قوى الجاذبية الهائلة ؟ ان السر يكمن في الكثافة الهائلة للقزم الابيض ، فقد امكن للنجم الشعري اليمانية ب الا ينكمش الى حجم أصغر من حجم الاقزام البيضاء ، لان قلبه يمارس ضغطا ـ ليس له علاقة بالطاقة الحرارية ـ يسمى الضغط التحللي Degeneracy Pressure وقد جاءت التسمية من حالة التحلل التي تصيب الالكترونات ، عندما تكون المادة في حالة كثافة شديدة ، وهي لا تنشأ عن الطاقة الحرارية ولكن فقط بسبب تلك الكثافة الهائلة التي تحدث للمادة .

وكنتيجة لهذا فان انخفاض درجة حرارة نجم الشعري اليمانية ب لا تؤثر فيه كثيرا ، فهو ما يزال قادرا على الاحتفاظ بكتلته لان ضغط القلب لا يعتمد على الحرارة . وقوة ضغط التحلل الغريبة ، تتأتى من اتحاد عاملين : الكثافة الهائلة للاقزام البيضاء ،

والصفات المميزة للالكترونات . ففي ألغاز العادي ـ كالغاز الذي يوجد في مركز الشمس ـ توجد الذرات متباعدة حتى أن احجامها اصغر كثيرا من المسافات بينها ، ومن ثم فهي تتحرك بحرية وتمارس الضغط كنتيجة لاصطدامها بالذرات الاخرى . أما في الغاز المتحلل Degenerated Gas فان الذرات مكدسة ، والالكترونات التي تمثل معظم حجم الذرة ، تبدو ككرات متلاصقة في صندوق صغير ، وهكذا فليست هناك مسافات بينها ومن ثم فهي تقاوم أية محاولة لضغطها او تقليصها الى حجم أقل .

والصفة الهامة لضغط التحلل في أثناء تطور النجم ، هو انه ليس ناتجا عن الطاقة الحرارية التي تعتمد على حركة ذرات الغاز ، فكلما ارتفعت درجة الحرارة ازدادت حركة الذرات وتلاطمها بشدة، ومن ثم يزداد الضغط . اما في حالة ضغط التحلل فالذرات مكدسة بحيث لا يتوفر لها حرية الحركة ومن ثم لا تصطدم ببعضها بعضا .

تركيب القزم الابيض

وهكذا نرى أن التركيب الذري العادي يتحطم في القزم الابيض ، فالالكترونات قد ارغمت على الخروج من مستويات طاقتها العادية ، وانضغطت كل الذرة بحيث اقتربت الكتروناتها من نواتها وانعصر فراغ الذرة وتكدست الجسيمات الذرية الاولية في حيز ضيق كثيف . مثل هذه الذرات تسمى مادة حيادية أو محايدة ، حيث انضغطت فيها النوى والالكترونات بالقرب من بعضها لدرجة أنها فقدت كثيرا من حرية حركتها ، ولم تعد للمادة خصائص الغاز . وقد اعتصر فراغ كل الذرات في القزم الابيض ، وبذلك تكدست كل مادة قلب النجم الى حوالي كوكب او اقل ، وصار النجم متطرفا في كبر كثافته ، وبالتالي ازدادت جاذبيته حوالي مليون مرة .. وعندما يحدث ذلك تنخفض سرعة الالكترونات بصفة عامة ، ولكن يظل بعضها ـ الاكثر حرية ـ يتحرك بسرعته العادية القريبة جدا من سرعة الضوء .

وتظل معظم الالكترونات ـ في داخل القزم الابيض ـ حبيسة في مادة الفراغ ، ومن ثم يتحتم عليها أن تتحرك بسرعة منخفضة ، وتندفع نوى الهيدروجين ـ البروتونات ـ من الكتلة المركزية للقزم الابيض الى السطح ، ويتسبب جذب بروتونات النوى المختلفة للالكترونات ، في تجميع معظم هذه الالكترونات في مركز النجم .

ان الضغط التحللي اذن هو الذي يمنع القزم الابيض من مزيد من التقلص ، وهو الذي يحافظ على القزم الابيض وذلك بتمكين مادته من مقاومة اي انكماش بأثر الجاذبية . وحيث أن ضغط التحلل مستقل تماما عن الطاقة الحرارية فان القزم الابيض ، اذا انخفضت حرارته سيظل محتفظا بنفس حجمه ، وفي نهاية الامر سيتحول الى قزم أسود Black Dwarf ، مجرد جسم خامد في الفضاء أو جثة نجم . ولكن هل كل النجوم تتحول في نهاية حياتها الى أقزام بيضاء ؟ .

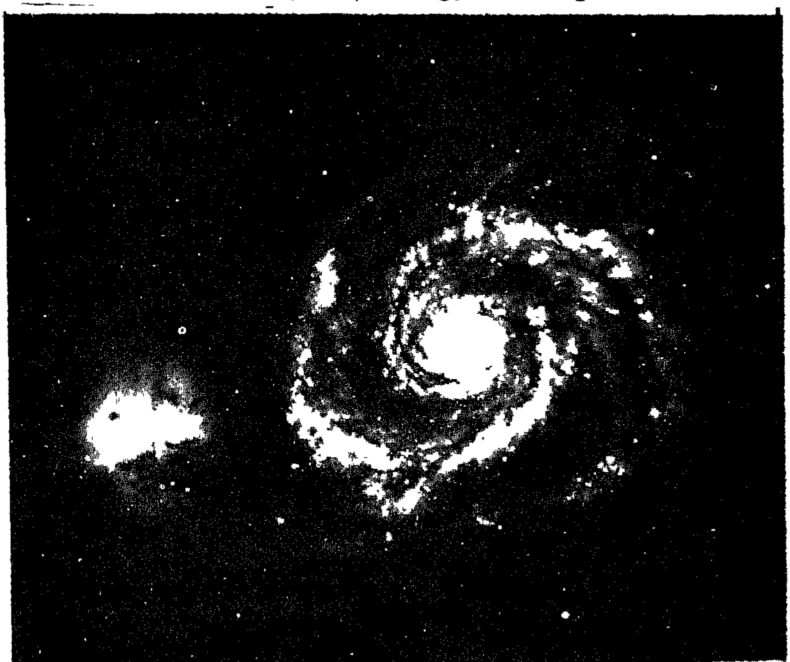
كلا ، ذلك أن ضغط التحلل له حد معين لا يتعداه ، فاذا كانت كتلة النجم اكثر من ٤ر١ قدر كتلة الشمس (وهو ما يعرف بحد **شاندراسيكار** (١)) ، واراد أن يستقر كقزم ابيض فلن تستطيع قوى ضغط التحلل ان تمنع تقلص النجم ، ومن ثم فهو ينكمش الى حد أصغر وربما يصبح ثقبا أسود ، كما سيتم شرحه في الباب الثالث . فالنجم الذي يريد أن ينهي حياته كقزم ابيض ، يجب أن تكون كتلته اقل من ٤ر١ من كتلة الشمس ، اي أصغر من حد شاندراسيكار ، من هذا يتضح ان هناك شكلا اخر قد يتخذه النجم وهو يلفظ انفاسه ـ غير القزم الابيض ـ هو النجم النيوتروني الذي يمثل مرحلة أخرى من مراحل التطور المثير للنجم ، عندما يقترب من نهاية حياته الطويلة .

---

(١) العالم الفلكي الشهير هندي الاصل سوبراهمانيان شاندراسيكار ، والذي كان اول من توصل الى هذا الحد ومن ثم اطلق عليه اسمه .



(شكل ـ ٢٩) مجرة اهليليجية (بيضاوية) ـ أ



(شكل ـ ٣٠) مجرة حلزونية ـ ب



(شكل ـ ٣١) مجره غير منتظمه



(شكل ٣٢) مقارنة بين حجم القزم الابيض
(الشعري اليمانية ب) والكرة الارضية

٣
النجوم النيوترونية

الحدث الغريب .. في سديم السرطان

هناك ظاهرة كونية مثيرة ما تزال تحير علماء الفلك حتى الوقت الحاضر ، وكانوا غير واثقين ـ حتى عهد قريب ـ من سبب حدوثها . انها ظاهرة السوبرنوفا ، التي تحدث عندما ينفجر النجم فجأة دون أن يدخل في مرحلة العمالقة الحمر . فالنجم في هذه الحالة يقدم على عملية انتحارية سريعة ، يودع بها مرحلة شيخوخته بانفجار مروع لا يمكن لنا أن نتصور مدى قوته ، فهو في شدته يساوي ملايين الملايين من القنابل الهيدروجينية ، كذلك تبلغ اضاءة السوبرنوفا لنجم واحد ، قدر ملايين الشموس .

وقد تستمر هذه الظاهرة الفلكية الغريبة لمدة أسبوعين في المتوسط ، وفيها يشع النجم طاقات جبارة تساوي الطاقة الناتجة من مليون شمس مثل شمسنا ، ولهذا فقد نرى ضوء النجم في وضح النهار .

وقد لاحظ علماء الفلك ايضا ظواهر فلكية أقل شدة من السوبرنوفا ، أطلقوا عليها النوفا ، وهي انفجارات تقذف في الفضاء بجزء من مادة النجم ـ كما سبق واوضحنا في الفصل الثاني ـ ثم تهدأ وفي معظم الحالات تنفجر ثانية ، ويتم هذا في بعضها على فترات منتظمة . والنجم في حالة انفجار النوفا لا يفقد الكثير من مادته ، اما في حالة السوبرنوفا فانه يتمزق تماما في الفضاء .

فما هو سبب حدوث النوفا والسوبرنوفا ؟

لقد اوضحنا من قبل ، ان النجم اذا بلغت كتلته ٤ر١ قدر كتلة الشمس او اكثر قليلا ، فان مصيره الى الفناء ، لن يكون عن طريق دخوله مرحلة الاقزام البيضاء ، بل قد ينهي حياته بانفجار نوفا أو سوبرنوفا .

فالتفاعل النووي في قلب النجم تنتج عنه مادة الحديد ، في درجة حرارة ٢٠٠٠ مليون درجة مئوية تقريبا ، وتنتج أيضا كمية هائلة من الطاقة على شكل نيوترونات تفر من النجم ، باتجاه الفضاء الخارجي . وهنا لا بد أن ينكمش النجم الضخم ليعوض ما فقده ، وينتج عن هذا التقلص زيادة في درجة الحرارة في قلب النجم ، فتندفع في ارتفاعها ــ بشكل مفاجىء ــ الى ما بين أربعة الى ستة آلاف مليون درجة مئوية في مدى أسابيع قليلة ، وهكذا ينهار كل شيء بشكل مفاجىء وهائل .

وعندما تبلغ درجة الحرارة ٧٠٠٠ مليون درجة مئوية ، فان استمرار بناء العناصر من الخفيف الى الثقيل ينعكس . فيتحول عنصر الحديد والعناصر الثقيلة الاخرى الى نوى هليوم ، ويتبع عملية التحويل العكسية هذه ، امتصاص للطاقة بدلا من اطلاقها . ذلك أن النجم الضخم يجد نفسه فجاة مضطرا الى محاولة استعادة كل الطاقة التي بددها خلال ملايين السنين الماضية ، ويترتب على هذا تفريغ جبار ومفاجىء ، كالذي يحدث في بالون منتفخ تماما أحدث به ثقب بآلة حادة .

ان مناطق التفاعل والغلافات الجوية الموجودة بطبقات غشائه الخارجية ، تندفع الى الداخل تحت تاثير قوة جاذبيته الجبارة ، وتتصادم طبقات الهيدردجين والهليوم والاوكسجين مع بعضها بعضا ، أثناء الاندفاع الى مركز النجم . ثم تطلق الطاقة النووية المتبقية في النجم فجاة بكل قوتها الجبارة .

ولعل اشهر سوبرنوفا هي التي (شوهدت) تنفجر في عام ١٠٥٤ ميلادية ، في برج الثور ، ويطلــق على آثارهــا الان اسم (سديم السرطان) . ويبعد عنا سديم السرطان بحوالي سبعة آلاف سنة ضوئية ، وهذا يعني ان الانفجار لم يتم في حقيقة الامر في عام ١٠٥٤ ، بل حدث قبل ذلك بحوالي سبعة آلاف عام ، لكننا لم نستطع رؤية هذه الظاهرة الكونية المثيرة ، الا بعد ان وصل ضوء الانفجار الهائل بسرعته المعروفة (٣٠٠ الف كيلو متر في الثانية) ، الى الارض في النهاية بعد رحلة في الفضاء ، استمرت سبعين قرنا من الزمن .

ولعل الشيء العجيب في ظاهرة السوبرنوفا ، انها تتسبب في ظهور النجم النيوتروني Neutron Star ، ذلك الجسم الفضــائي المثير الذي يبعث بنبضات راديوية منتظمة ودقيقة التوقيت ، حتى أن بعض علماء الفلك تساءلوا عما اذا كانت هذه الاشارات صادرة عن كائنات ذكية في الكون ، تحاول الاتصال بنا .

النجم النيوتروني

في الظروف العادية يمكن أن يتفكك النيوترون (متعــادل الشحنة) الى بروتون (موجب الشحنة) والكترون (ســالب الشحنة) ، ولكن تحت ظروف قوى الجاذبية الهائلة التي تعتري النجم في مرحلة السوبرنوفا ، فان تقلص المادة الشديد في حجــم غاية في الصغر النسبي ، الذي يقرب ما بين الذرات ، واندفاع الكتل الهائلة الى قلب النجم بسرعة جنونية لتسحق مادتها . يؤدي هذا الى ان الالكترونات تقترب من نواتها لتدور ملاصقة لها ، ثم تتولد لها طاقة اضافية عالية نتيجة اقترابها من النواة ، تتيح لها التفاعل مع البروتونات المكونة للنواة .

ويؤدي الالتحام مع البروتونات (التي تسكن النواة) الــى تعادل شحنة الالكترونات السالبة، مع الشحنة الموجبة للبروتونات. وبهذا تتحول الى نيوترونات متعادلة الشحنة . أي ان هذا التفاعل

ادى الى انشاء النيوترون واختفاء الالكترون . يؤدي هذا التحول الى نقص مفاجىء في التركيب الذري (حيث كان يتكون من قبل من الكترون وبروتون) . وبهذا الانخفاض تعمل الجاذبية على تقليص المادة اكثر ، وهكذا ينشأ النجم النيوتروني مكونا كله تقريبا من نيوترونات . وكنتيجة لهذه الانكماشات واختفاء الفراغات الذرية ، يتقلص حجم النجم الهائل الى ان يبلغ قطره حوالي عشرة كيلو مترات فقط ، ومع هذا يحتوي على مادة هائلة ، وهكذا يزن السنتيمتر المكعب من مادة النجم النيوتروني حوالي مائة مليون طن .

وبزيادة جاذبية النجم النيوتروني ، لا تستطيع حتى فوتونات الضوء الافلات من قبضة الجاذبية ــ بالرغم من أن فوتونات الضوء تتاثر عادة قليلا بالجاذبية ــ لكن زيادة الجاذبية الجبارة في نجم نيوتروني يمنع الفوتونات من الافلات ، وهكذا تنحني الفوتونات في مدارات حول النجم النيوتروني في شكل طبقة سحابية خافتة .

والنجم النيوتروني الميت ــ رغم كثافته وثقله الهائلين ــ ليس الا حالة من الحالات العديدة التي تنتهي بها حياة النجوم ، بعد حياة حافلة بالنشاط امتدت لملايين السنين ، ويعتقد علماء الفلك ايضا بوجود ما يسمى بالثقوب السوداء ، التي هي اكثر كثافة واقل حجما ، واعظم تقلصا ، واثقل وزنا ، واكثر غرابة من النجم النيوتروني . ويمكن ان نقارن بين الاحجام المختلفة للنجوم ، في المراحل المختلفة اثناء دورة حياتها كما في شكل ــ ٣٤ .

ان جسيمات نوى الذرات شديدة الثقل والصلابة ، ليست بسيطة كما كنا نظن ، بل يبدو انها تتكون من نظم ادق تفصلها فراغات اخرى . وعندما يحدث الانهيار التام المطلق للنجم ، نتيجة للضغط الهائل والجاذبية الرهيبة ، فان الفراغات الذرية تختفي بدورها . وتظهر المادة بصورة اخرى غريبة غير مالوفة لنا ، لا ندري كيف نصفها ولا نملك الا ان نطلق عليها اسم (الثقوب السوداء) ، فحتى الضوء بسرعته الهائلة لا يستطيع ان يفلت منها .

ومن الناحية النظرية يمكن أن ينتج نجم نيوتروني من انهيار كتلة النجم الذي يفوق كتلة الشمس بكثير ، وينشأ النجم النيوتروني عندما تقلص قوى الجاذبية المادة في حجم صغير للغاية ، لدرجة أن الالكترونات تستطيع أن تدور ملاصقة لنواتها دون أن يفصلهما فراغ ، وذلك للتقارب الشديد بين الذرات . وتوضح نظرية حديثة، أن الالكترونات تحصل في مثل هذا التقارب ، على طاقة اضافية وأن طاقتها تصبح عند نقطة معينة عالية جدا ، بدرجة تجعلها تتفاعل مع البروتونات في النواة ، مكونة النيوترونات التي تكون معظم النجم النيوتروني .

ومن المحتمل ان يكون النجم النيوتروني في حالة دوران سريع حول نفسه ، بشكل مذهل ، فيعتقد علماء الفلك ان معدل دورانه يبلغ حوالي ٢٠٠ مرة في الثانية الواحدة ، دون ان يتفتت في الفضاء . ومعدل الدوران الهائل هذا ، والمجالات المغناطيسية المعقدة التي تحيط بالنجم النيوتروني ، والكثافة التي لا يمكن تصورها ، والغلاف الجوي الغريب الذي يحيط به ، كلها تجعل من الصعب علينا أن نتخيل شكل النجم النيوتروني .

تركيب النجم النيوتروني

منذ اواخر الستينات وأوائل السبعينات من هذا القرن ، وعلماء الفلك يحاولون كشف اسرار النجوم النيوترونية ، ومحاولة تصور تركيبها . ويعتقد العلماء أن النجم النيوتروني مكون من طبقتين ، اولاهما طبقة سطحية عمقها عدة أمتار تتكون من مادة في صلابة المعدن ، اما الطبقة الثانية والتي يبلغ عمقها عدة كيلو مترات فدرجة كثافتها لا يمكن تصورها ، وتظهر الدراسات الفلكية الحديثة بانها اشد صلابة من أي معدن معروف لنا بـ 10^{17} (اي رقم عشرة وبجانبه سبعة عشر صفرا) .

ويمكن النظر الى النجم النيوتروني ، كانه نواة ضخمة للذرة ، والفرق الوحيد بينهما ان النجم النيوتروني يتماسك بفعل الجاذبية الشديدة ، اما الذرة فتتماسك بالقوة النووية ، كما أن

النجم النيوتروني قد اندمجت الكتروناته مع بروتوناته ، وانتجت نيوترونات . ويعتقد علماء الفلك ان ذلك النجم الخافت الـذي يتوسط سديم السرطان ، هو نجم نيوتروني وقد تخلف عن الانفجار الجبار (السوبرنوفا) ، ذلك الانفجار الذي شاهده فلكيو الصين القدماء في هذه المنطقة من الفضاء في عام ١٠٥٤ ميلادية .

ولكن الذي يحير علماء الفلك اكثر ، تلك النبضات الراديوية المنتظمة التي تنبعث من النجوم النيوترونية .

النجوم النابضة Pulsars

اكتشفت النجوم النابضة (البلسارات) في عام ١٩٦٧ بواسطة منظار راديوي قوي . وما وجد في حقيقة الامر ، كان عبارة عن مساحة في الكون مستمرة في ارسال نبضات راديوية بانتظام دقيق ، ثم تعاقبت بعد ذلك الاكتشافات السريعة التي أوضحت ان معدل نبض البلسارات المختلفة متغير ، برغم ان المعدل ظل في جميعها قصير والانبعاث دقيق (حوالي ٣ر من الثانية) . لقد كان توقيت النبضات منتظما الى الحد الذي يمكن منه الاستدلال ، عما اذا كانت الارض اثناء دورانها فيمدارها متجهة نحو الشمس ، أو مبتعدة عنها . وكان أهم نجم نابض قد اكتشف في نفس مكان النجم النيوتروني ، في وسط سديم السرطان الذي تبقى كاثر للسوبرنوفا ، والذي كان ينبض بمعدل ٣٠ مرة في الثانية الواحدة . ومن هنا وجدت العلاقة بين النجم النيوتروني والنجم النابض ، واتضح انهما شيء واحد .

وتنشأ نبضة النجم النيوتروني نتيجة لدورانه ، فكل مرة يدور حول نفسه ، تصدر منه نبضة فيلتقطها المنظار الراديوي فوق الارض ، كما يتضح من (شكل ــ ٣٦) :

ويمكن أن نشبه هذه الحالة ، بما يفعله المنار الذي يهدي السفن : فكلما صدر منه شعاع في اتجاه معين يمكن رؤيته من هذا الاتجاه ، ثم يتجه الشعاع الى جهة أخرى فلا يمكن رؤيته ويعود

مرة اخرى الى الاتجاه الاول . وهكذا ، بسرعة منتظمة وفي أوقات محددة .

وعندما التقطت النبضات من النجم النيوتروني في بادىء الامر ، كانت هناك ظنون حول امكانية أن تكون هذه النبضات قادمة من مصدر صناعي ، وتمثل محاولة من كائنات عاقلة في الكون للاتصال بسكان الكرة الارضية . لكن هذه الفكرة قد تم التخلي عنها ، بعد أن اكتشفت ثلاثة نجوم نابضة اخرى في أماكن مختلفة بمجرتنا . فمن المستحيل ان يحاول اربعة من أجناس الكائنات الذكية الذين يسكنون أماكن بعيدة جدا عن بعضهم بعضا ، الاتصال بأذكياء اخرين في الكون ، مستخدمين نفس ترددات الذبذبة .

وهكذا أيقن علماء الفلك بأن النبضات لا بد وأن تنشأ عن اجسام طبيعية في الفضاء ، تدور بسرعة هائلة ولها كثافة شديدة وتحتوي على كمية كبيرة من الطاقة ، وحجمها صغير للغاية ، وهذه هي مواصفات النجم النيوتروني تماما . ويمكن للتبسيط أن نقارن نبض نجم نيوتروني بالذبذبات المستمرة لجرس ، بعد أن تنتقل الطاقة اليه من مطرقة ، أو بالذبذبات الناتجة ،من شوكة رنانة بعد طرقها بحافة منضدة مثلا . فبعد وقت قصير تقف ذبذبات الجرس او الشوكة الرنانة . ولكن في حالة النجم النيوتروني النابض ، يمكن أن تستمر الترددات لآلاف السنين اذا اتيحت لها طاقة كافية ، والذبذبات التي تم التقاطها من النجوم النابضة تقارب دورات النبض التي تم حسابها بواسطة علماء الفلك لنجم نيوتروني، ومما لا شك فيه أن مثل هذه النجوم شديدة الكثافة والجاذبية ، وبها مخزون هائل من الطاقة يجعل النبض يستمر لزمن طويل جدا .

وهنا يثار سؤال هام : ما الذي يجعل النجم النيوتروني ينبض ؟

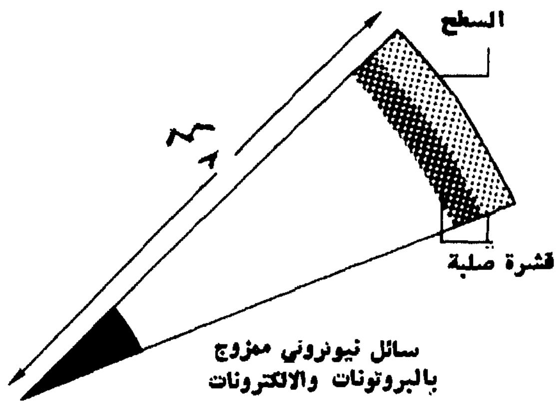
تقول نظرية فلكية حديثة ، في تفسيرها لسبب هذا النبض المنتظم من النجم النيوتروني ، بأن النبض ينقل بواسطة موجة الضغط الى الغلاف الجوي الغريب والكثيف جدا الذي يحيط

بالنجم النيوتروني ، والذي يرتبط معه بفعل المجال المغناطيسي الهـائل .

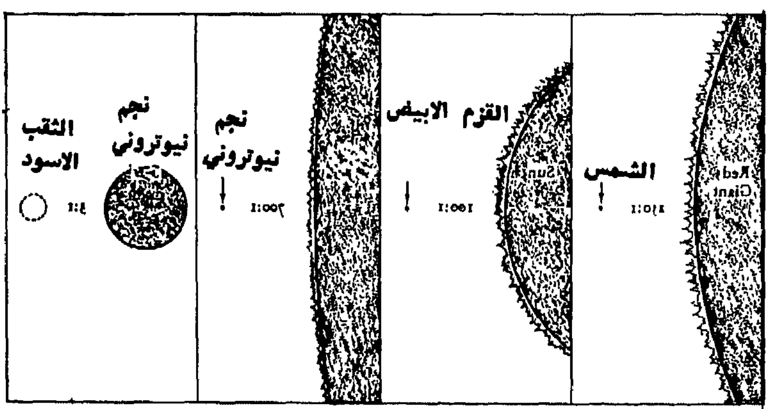
وتتحـول موجـة الضـغط في الغـلاف الجـوي الى موجة اصطدامية ، تعمل أثناء اندفاعها الى الخارج على تعجيل الالكترونات الى سرعات خيالية . هذه الالكترونات سريعة الحركة تولد أثناء اندفاعها خلال الغلاف الجوي العلوي المتاين ، تلك الموجة الراديوية او النبضات التي تصدر عن النجوم النيوترونية ، وتلتقطها المراصد الراديوية فوق الارض .

ان هذه النجوم النابضة تبعث بموجـات راديوية قصـيرة الموجة ، في فترات زمنية محددة ، الا أن اغرب ما في الامر أن النجم النابض يدور حول نفسه بسرعة جنونية ، وقد يتم الدورة الواحدة في جزء من ألف من الثانية الواحدة . وللنجوم النابضة عمر ، كما لكل شيء في هذا الكون أجل محتوم ، فهي لن تستمر في نبضها بالقوة ذاتها ، بل سيعتريها ـ مع مرور ملايين السنين ـ تناقص في النبض سرعان ما يتلاشى في النهاية . وعندئذ لن نستطيع أن نكشف عن وجودها . ويعتقد علماء الفلك بأن في مجرتنا ، العديد من النجوم النابضة التي اصابها الوهن فكفت عن النبض ، ومن ثم لن نتمكن من الاستدلال على وجودها ، رغم انها ما زالت هناك صامتة صمتا أبديا .

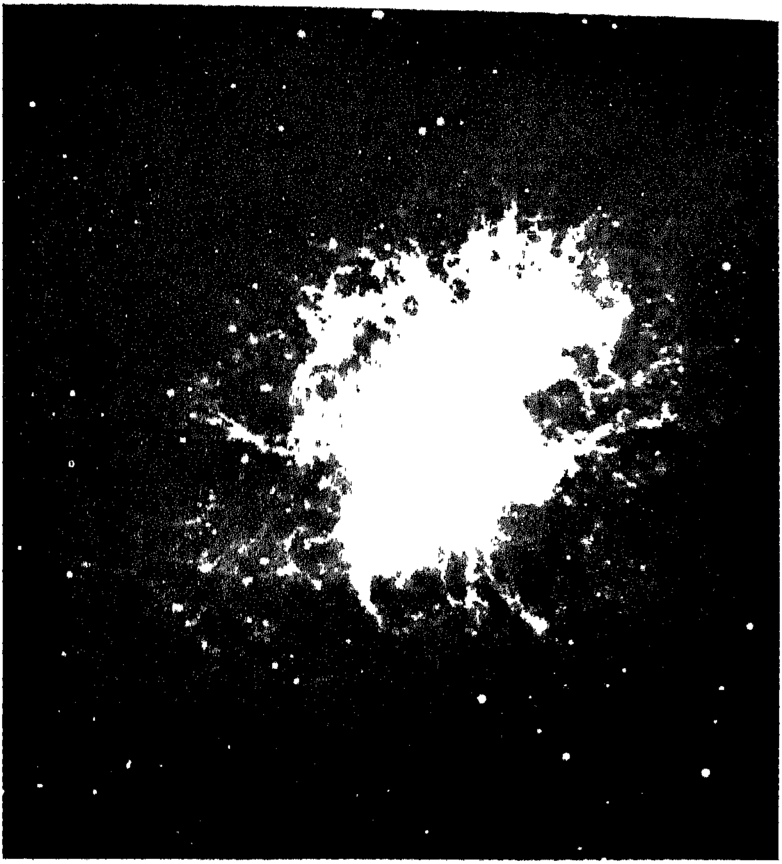
قد تبدو بعض الظواهر الفلكية المثيرة في الكون كنوع من قصص الخيال العلمي ، ولكن الفضاء بدأ يكشف عن كل مـا هو غريب وعجيب . وكما راينا فالنجوم فوق المتفجرة (السوبرنوفا) تعود للحياة بصورة أخرى ، فهي تتجلى كجسد يختلف تماما في التكوين عن النجم الذي تمزق في الفضاء ، فتصبح مادة مكدسة الى اكثر مما يتخيل الانسان ، ثم هي بعد ذلك تبعث لنا بنبضات قوية ومنتظمة ومتتابعة ، وتختلف بذلك في طبيعتها عن الموجات التي تبعثها النجوم الحية . لقد حان الان الوقت ، لنناقش أغرب ظواهر الكون كافة ... الثقوب السوداء .



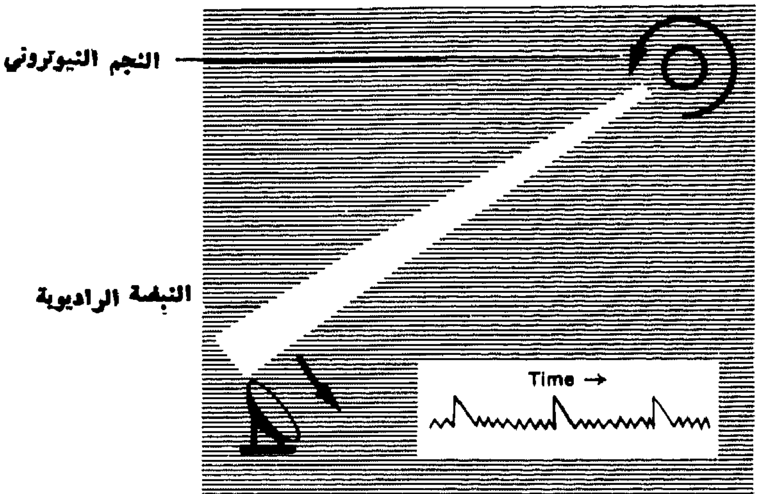
(٣٣) قطاع من النجم النيوتروني



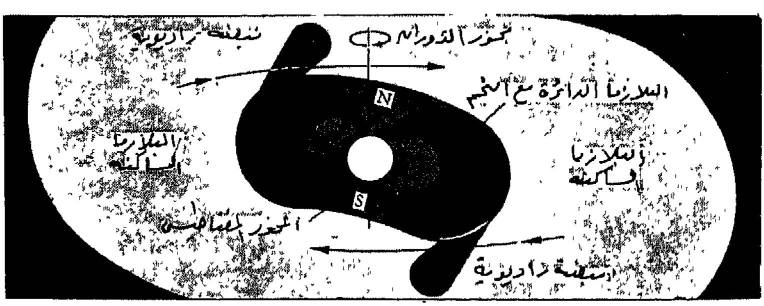
(شكل ـ ٣٤) مقارنة بين أحجام الشمس والعملاق الاحمر والقزم الابيض والنجم النيوتروني ثم الثقب الاسود .



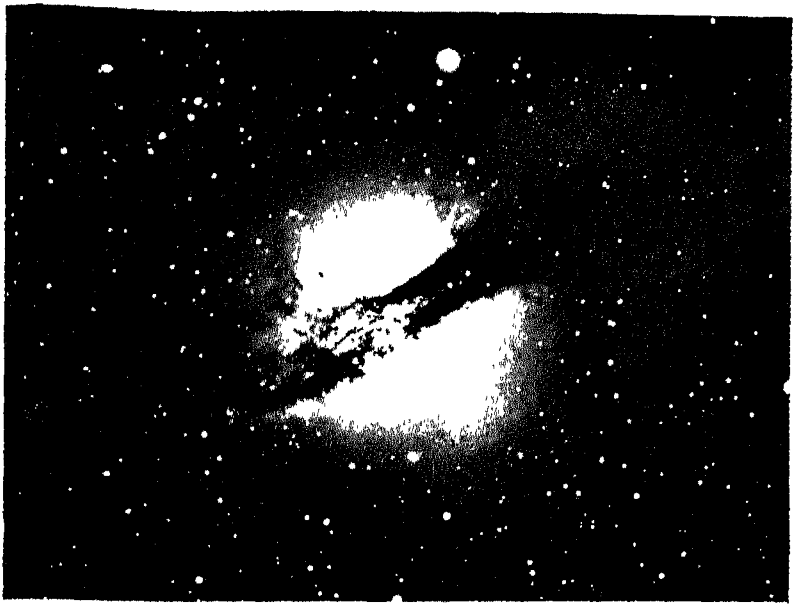
(شكل ـ ٣٥) سديم السرطان



(شكل ٣٦) النبضات الراديوية للنجم النيوتروني تتولد بدورانه ، فهي تشبه المنارة التي تعطي حزمة ضوئية ضيقة من الضوء ، يتم التقاطها بالتلسكوب الراديوي .



(شكل ـ ٣٧) قطاع في النجم النابض



(شكل ـ ٢٨) المجرة القاصفة (ن ج س ٥١٢٨) والتي تبعد عنا بمسافة
١٥ مليون سنة ضوئية وتصدر عنها نبضات راديوية قوية .

الباب الثالث

الثقوب السوداء

١
مقدمة عن الثقوب السوداء

المادة في الكون

المادة في الكون ، رغم ما يبدو من تماسكها وهي في حالة الصلابة ، عبارة عن فراغ كثير ومادة قليلة . وحتى على مستوى الذرة الفراغ فيها اكثر بكثير من المادة .

ويمكن أن نقول في تقريب ذلك للاذهان انه لو فرض أن كبرت نواة ذرة الى حجم الكرة ، وكبرت تبعا لذلك المسافات بين النواة والالكترونات ، التي تدور في أفلاكها ، لكانت المسافة بين النواة وأقرب الكترون قرابة ٣٠ كيلو مترا أو تزيد . وهذه المسافة كلها فراغ .

وقد ذكرنا أن النجوم تولد وتموت ، فماذا يحدث عندما يموت أحد هذه النجوم ؟ . تؤكد احدى التوقعات المثيرة للنظرية النسبية العامة لاينشتين ، على وجود ما يسمى بالثقوب السوداء Black Holes ، فعندما يموت النجم تنهار مادته وتنطوي وتنكمش وتتراص فيصبح أصغر من حجمه الاصلي بملايين المرات . أي أن الفراغ في مادته يقل كثيرا وتتجمع المادة مع بعضها ، وهذا يجعل قوى الجاذبية تزداد زيادة هائلة ، حتى أنها تمنع كافة الجسيمات داخلها من الانفلات الى الخارج . كما أنها تجتذب اليها أي جسم يمر بالقرب منها ، وحتى فوتونات الضوء تنجذب نحوها وتنحبس داخلها ، ونتيجة لذلك لا يخرج منها ضوء وبذا تبدو سوداء .

حقا ان النجم عندما يموت ويصبح ثقبا أسود ، يبقى هناك بكل كتلته المتكدسة ، كما أنه يحيط نفسه بهالة سوداء وكأنها القبر الاسود ، لا يخرج منه ا يءضوء أو حركة أو مادة ، لا شيء على الاطلاق سوى السكون والظلام .حتى الزمن يبطؤ فهو يتجمد في القبر الاسود ويتوقف .. وهكذا يبدو الثقب الاسود وكأنه قد سجن الضوء واعتقل الزمن ايضا ، فلم يعد للزمن المعنى الذي عرفناه والفناه . وتكون لدى الثقب الاسود قدرة ـ نتيجة للضغط الهائل والجاذبية الرهيبة ـ على التهام النجوم والكواكب من حوله وحتى التي تكبره بملايين المرات .

ان لغز تلك القبور السوداء في الفضاء ، قد أصبح أعمق سر يجابه علماء الفلك ، ليس في الوقت الحاضر فحسب ، ولكن لسنوات طويلة قادمة أيضا . وبالنسبة لعلماء الفيزياء النووية ، يعتبر الثقب الاسود حالة عجيبة تقلب قوانينهم راسا على عقب ، فالمادة التي تنهار لاحداث الثقب الاسود تختفي ، كما نعرفها ، ببساطة . فالعالم الفيزيائي الذي يبحث في طبيعة الثقب الاسود لا يواجه تعقيدات المادة بجزيئاتها وذراتها وتركيبها النووي . ولكن هنا يثار تساؤل هو : بما أنه لا يمكن رؤية الثقب الاسود أبدا ، فكيف يقوم علماء الفلك بالاستدلال عليه ؟ الواقع انهم يستدلون على الشيء من آثاره ، فالهواء لا يرى وكذلك الجاذبية أو المغناطيسية ، ولكن هذه الظواهر نعرفها من آثارها . وأيضا في حالة الثقب الاسود يعتمد العلماء على تأثير مجال جاذبيته الهائلة ، وعلى سلوك المادة القريبة منه وانتشار الاشعة بجواره .. ان رفات النجم المنهار ، ليست رفاتا مادية ، بل حالة مفردة غريبة ليس كمثلها شيء .

ولكن هل تموت النجوم حقا ؟ . نعم تموت النجوم ، كما يموت كل شيء في هذا الكون البديع ، ولكل نجم عمر وأجل ويبقى وجه ربك ذى الجلال والاكرام . ويعبر علماء الفلك عن نظام الكون

الرائع بمعادلات رياضية ، وترشدهم هذه المعادلات الى بعض أسرار الكون المثيرة ، التي قد لا تتقبلها عقولنا في بعض الاحيان ، مثل لغز الثقوب السوداء .

فيستخدم العلماء المعادلات الرياضية ، في تقدير احجام النجوم والمجرات والمجموعات المجرية ، ويحددون تفاعلاتها والسرعة التي تستنفد فيها مادتها ، بالتفاعلات الحرارية والنووية .

كما يحسب العلماء الطاقات والنبضات التي تخرج من الاجرام السماوية ، بمختلف أشكالها وانواعها ودرجات حرارتها ، والمادة المتحولة التي تتجمع في داخلها ، ثم على المدى الطويل (ملايين السنين) تشل حياتها ثم تنهيها . ومن الظواهر والتفاعلات التي تحدث للنجوم خلال حياتها ، يمكن التنبؤ بآجالها وطريقة موتها ، والقدر الذي ينتظرها حتى بعد الموت .. فاما ان تصبح اقزاما بيضاء أو نجوما نيوترونية او ثقوبا سوداء .

حد شاندراسيكار

اذن فليس كل نجم يموت تتجمع بقاياه في قبر او ثقب اسود ، بل ان الذي يحدد نوع قبره هو حجمه وطريقة حياته . وتبين نتائج النظرية ، تركيب النجوم منذ مولدها حتى دخولها مرحلة التتابع الرئيسي ، ثم مرحلة العمالقة الحمر .. وبعدها يتحدد مصير النجم حسب كتلته .

ان النجم عندما يصل الى نهاية عمره الحراري ـ النووي ، لا يستطيع أن يبلغ حالة توازن القزم الابيض ، اذا كانت كتلته اكبر من حد معين وضعه العالم شاندراسيكار ، ومن ثم أطلق عليه حد شاندراسيكار Chandrasekhar Limit وهو يبلغ ١ر٤ قدر كتلة الشمس . ولا يستطيع النجم ان يتقلص الى نجم نيوتروني اذا تجاوزت كتلته ٢ر٣ قدر كتلة الشمس ، بل يتحول الى ثقب اسود .

اذن فما هو مصير النجم ، عندما يصل الى نهاية عمره الحراري ـ النووي ، وكتلته تتجاوز حد شاندراسيكار ؟ .

يكون الضغط الداخلي قليلا ، ولا يستطيع دعم النجم ، لذلك ينهار النجم . وهناك احتمال أنه في اثناء الانهيار يحدث انفجار هائل يفتت النجم ، ويلقي بمعظم كتلته في الفضاء . وما بقي منه يتحول الى نجم نيوتروني ، اي تتكون مادته من جسيمات النيوترون فقط ، بعد اتحاد الالكترونات مع البروتونات ، مكونة شحنة متعادلة هي النيوترون . وهذا ما حدث في سديم السرطان بمجموعة الثور ، وشوهد بواسطة الفلكيين الصينيين في عام ١٠٥٤ ميلادية . اما الاحتمال الثاني فهو أن ينهار النجم ، انهيارا مطلقا نتيجة للضغط الهائل والجاذبية الرهيبة .. وعندها تختفي الفراغات النووية في الذرات ، وتظهر المادة بصورة اخرى غريبة غير مألوفة لنا ، لا ندري كيف نصفها . ففي الثقوب السوداء تنهار الكيانات الذرية ، وتتلاحم الجسيمات وتضيع الفراغات وتختفي الشحنات، فلا بد أن يتمخض كل هذا عن موت على مستوى النجوم . ولا تشذ شمسنا ـ وهي نجم متوسط من بين نجوم الفضاء ـ عن ذلك ، وهل هذا يعني أن الشمس سوف تنهار يوما ، وتموت وتتكوم على نفسها ، وتتحول الى ثقب أسود ؟ .

ستموت الشمس حقا بعد خمسة آلاف مليون سنة ، ولكنها لن تتحول الى ثقب أسود بل الى عملاق احمر ثم الى قزم أبيض لان كتلتها أقل من حد شاندراسيكار .

نصف قطر شفارزشيلد

ان النجم النيوتروني الميت ـ برغم كثافته وثقله الخرافي ، حيث يبلغ وزن السنتيمتر المكعب الواحد منه حوالي مائة مليون طن ، ولو مد طوله للشكل المعتاد ، لبلغ حوالي عشرة كيلو مترات .

كل هذا ، لا يقاس بالثقب الاسود . فالثقب الاسود اكثر كثافة واثقل وزنا واعظم انضغاطا ، واقل حجما من النجم النيوتروني بحوالي ثلاث مرات .

وقد كان لابحاث العالم الفيزيائي الالماني كارل شفارزشيلد ، أثر في تفهم الكثير عن الثقوب السوداء ، فقد انصب اهتمام هذا العالم على الاجسام الكروية الصغيرة ذات الكثافة العالية . وقال ليثبت نظريته ، باننا اذا اخذنا الشمس ـ التي يبلغ نصف قطرها حوالي ٧٠٠ ألف كيلو متر ـ وقمنا بضغطها دون أن نخفض من كتلتها ، فان اشعتها ستجد صعوبة أكثر في الانطلاق منها ، وعندما يتقلص نصف قطر الشمس الى حد معين فان الضوء لن ينطلق منها على الاطلاق ، وهذا الحد يمكن الوصول اليه بالمعادلة الذي أطلق عليها نصف قطر شفارزشيلد Schwarzschild Radius* .

---

* نصف قطر شفارزشيلد = $\frac{\text{٢ ج ك}}{\text{س ض}^{٢}}$

حيث ج = ثابت الجاذبية (الذي يحدد مدى شدة الجاذبية) .

ك = كتلة النجم الحالية .

س ض = سرعة الضوء في الثانية (٣٠٠ الف كيلو متر) .

فاذا اخذنا الشمس كمثال :

$$\frac{٢ \times ٦٫٧ \times ١٠^{-١١} \times ٢ \times ١٠^{-٣٠}}{(٣ \times ١٠^{٨})} = \text{حوالي ٣ كيلو متر .}$$

فانه اذا اصبح نصف قطر الشمس حوالي ٣ كيلو متر (نصف قطرها الان حوالي ٧٠٠ الف كيلو متر) فلن ينبعث منها اي ضوء وتصبح ثقبا اسود .

وفي هذه المعادلة حسبنا كتلة الشمس بالكيلو جرامات .

(٢×١٠^{٣٠}) اي رقم اثنين وامامها ٣٠ صفراً .

حيث قيمة (ج) = $٦٫٧ \times ١٠^{-١١}$ جرام / ثانية (رقم ثابت) .

وقيمة (س ض) = ٣×١٠^{٨} سنتيمتر / ثانية .

واذا قمنا بحساب نصف قطر شفارزشيلد بالنسبة لكوكب الارض ، لمجرد التمثيل ، حيث ان كتلتها ٦ × ١٠^٢٤ كيلو جرام . لوجدنا انه ـ بالفرض المستحيل ـ لو تحولت الارض الى ثقب اسود لكان نصف قطرها ٨٩ر. سنتيمتر . ولكن كوكب الارض لن يصبح ابدا ثقبا اسود ، فالكواكب توابع للنجوم . ثم أن حياة الكواكب تختلف تماما ، عن اسلوب حياة النجوم التي تتمثل في تفاعلات نووية ـ حرارية غاية في العنف والشراسة ، تظل تحتدم في مركز النجم وسطحه فتلتهم كتلته كلما ازداد عمره ، فاذا لم تجد ما تأكله حدث الانهيار التام ومات النجم في قبره ، أما كقزم أبيض أو كنجم نيوتروني أو كثقب أسود

وعندما يصبح نصف قطر النجم اقل من نصف القطر الحرج (حد شفارزشيلد) ، تصبح قوى الجاذبية هي المسيطرة على جميع انواع القوى الاخرى ، وتكون هي العامل الذي يقوم بسحق المادة الموجودة داخل النجم المنهار .

عندما تنتحر النجوم

بما أن كل نشاط النجم كان صراعا بين الجاذبية التي تعمل على تقليصه ، وبين القوة النووية التي تعتبر عاملا على تمدده . نجد انه في مرحلة الاقزام البيضاء كانت الغلبة للجاذبية ، اذ انها قلصت النجم حتى اصبحت ذراته متلاصقة تقريبا ، ولم يعد هناك مجال لأي تفاعل نووي ، بعد أن أصبح النجم نعشا أبيض للعناصر الثقيلة .

وليس هناك من شك ، في أن الاقزام البيضاء هي الخطوة الاخيرة في التطور النجمي . وتحت ظروف الضغط السائد في قزم أبيض ، نجد أن التركيب الذري العادي يتحطم ، فالالكترونات قد ارغمت على الخروج من مستويات طاقتها العادية ، وانضغطت كل الذرة بحيث اقتربت الكتروناتها من نواتها ، وتقلص فراغ الذرة

وتقاربت جسيماتها الذرية الاولية في حيز ضيق كثيف ، لدرجة انها تفقد كثيرا من حرية حركتها ، ولم تعد للمادة تصرفات الغاز ، عندما كانت الذرات في حالتها العادية .

وقبيل تكون القزم الابيض يكون هناك غطاء من غازات كثيفة بسمك يبلغ حوالي مائة كيلو متر ، وفوق هذا الغطاء الغازي الغريب يوجد الغلاف الجوي المكون من الهيدروجين المتبقي ضمن تركيب النجم .

ولكن عندما ينهار النجم ويصبح قزما ابيض ، ونظرا لان الجاذبية تؤثر على الغاز كما تؤثر على المادة الصلبة ، نجد ان قوى الجاذبية الهائلة في القزم الابيض تشد ذرات الغاز وجزيئاته في الغلاف الجوي الى اسفل ، ضاغطة اياها في طبقة لا يزيد سمكها في بعض الحالات عن ثلاثة امتار . ويمكن ان يكون هذا الغلاف النجمي الذي يغطي القزم الابيض ، اكثف مليون مرة من الغلاف الجوي للارض ، ولا يستطيع احد ان يتصور شكل غاز بهذه الكثافة ، فهو ليس في حالة سائلة وانما غاز كثيف لدرجة انه يتخذ شكلا غير مألوف لنا فوق كوكب الارض .

ان ما يحدث في الاجرام السماوية الثقيلة جدا والمبنية من العناصر الثقيلة ، هو ان وزن الطبقات الخارجية لهذه الاجسام يسبب ضغوطا كبيرة على مناطقها الداخلية . وهنا يجب ان ندخل في اعتبارنا عاملا هاما لنتصور ما سيحدث : ان مقاومة المادة للضغط لا يمكن ان تتجاوز حدا معينا ثم تنهار بعده ، وهذا العامل يضع حدودا معينة للابعاد الهندسية المكنة للاجرام السماوية الباردة ، فاذا زادت ابعادها عن ذلك حدث انهيار كامل .

ويجب الا ننسى ان المادة مكونة من عدد كبير من الذرات المنفصلة ، وفي حالة الصلابة تكون هذه الذرات اقرب ما تكون بعضها من بعض . والذرة في الواقع مجموعات من الالكترونات تحيط بالنواة المركزية ، وتقاوم القوى الموجودة بين اجزاء الذرة

اية محاولة لضغطها الى الذرات المجاورة اذا كان الضغط عاديا ، ولذا لا تسبب الضغوط على المواد الصلبة تغيرا في كثافتها . غير ان لكل مقاومة حدا لا تتجاوزه ، يختلف قليلا باختلاف الذرات ، فاذا تجاوز الضغط الواقع على الذرة هذا الحد تداخلت الكترونات الذرة الواحدة في نطاق الذرات الاخرى ، وهكذا تكبس الذرات كبسا شديدا كبيض في وعاء وضع فوقه حمل ثقيل .

وعندما تخترق الالكترونات التابعة لذرة ما جوف ذرة أخرى، لا يكون ثمة وجود للمجموعات الالكترونية في صورها العادية ، فان (كبس) الذرات أو سحقها ، ينشأ عنه خليط من النوى العارية التي تتحرك دون قيد مع الالكترونات المنفصلة المندفعة بغير نظام .

ويطلق في علم الطبيعة ، اسم المواد الغازية على المواد القابلة للضغط والتي تميل الى الانتشار غير المحدود عند زوال الضغط الواقع عليها . ولذلك يمكن اعتبار المادة المسحوقة سالفة الذكر نوعا من الغاز ، غير ان هذا النوع من الغاز لا يشبه مطلقا الغازات المألوفة لنا ، اذ انه ــ فضلا عن قابليته العالية للضغط ــ يشبه نوعا من المادة الصلبة اللزجة الثقيلة ، كما أن التركيب الداخلي لهذه الحالة الغريبة للمادة يختلف كثيرا عن التركيب الداخلي للغازات العادية . ذلك انها لا تمثل مجموعة من الذرات أو الجزيئات المنفصلة ، بل تكون مزيجا غير منتظم من شظايا ذرية سريعة الحركة في مجال ضيق محصور جدا . ويجب ان نلاحظ ايضا أنه ــ كما أن تماسك الاجسام الصلبة العادية هو نتيجة لحركة الالكترونات في مساراتها حول النواة ــ كذلك تتوقف مرونة المادة المسحوقة أساسا على الجزء الالكتروني فيها لا النوى .

فحين تحيد هذه الالكترونات عن مساراتها المرسومة داخل الذرات المنفصلة (بسبب عدم وجود مكان تتحرك فيه) ، تحتفظ بطاقة حركتها وهي التي تسبب هذا النوع الجديد من الغاز الذي يطلق عليه اسم (الغاز الالكتروني) ، وقد اثبت العالم الايطالي

انريكو فيرمي أن ضغط الغاز الالكتروني ـ وبالتالي ضغط المادة المكبوسة ـ يزداد مع الكثافة بمعدل أكبر من الغازات العادية . ومن بين الاقزام البيضاء ، واحد معروف جدا وهو أول المكتشف منها وأشهرها ، انه نجم الشعري اليمانية (ب) ، وهو يرافق نجما اصليا هو الشعري اليمانية (أ) ، وهذا الاخير هو المع نجوم السماء ، ويبعد عنا ٨ر٧ سنة ضوئية فقط وتبلغ كتلته حوالي ضعف كتلة الشمس . بينما يبلغ حجم القزم الابيض (الشعرى اليمانية ب) جزءا من خمسين جزء من حجم الشمس ، أما كتلته فتكاد تتساوى مع كتلة الشمس .

ونجم الشعرى اليمانية (ب) شديد الكثافة ، حتى أننا اذا قمنا بوزن علبة ثقاب مملوءة بمادة الشمس لكان وزنها حوالي ١٥ جراما ، أما اذا وزن نفس الحجم من مادة القزم الابيض هذا ، لبلغ وزنها حوالي ١٠ أطنان .

وبعد أن يصل النجم الى مرحلة القزم الابيض ، فانه لا يستطيع الاستمرار في توليد الطاقة وذلك لانه لم يعد يحتوي على وقود . ويبدأ في الدخول الى مرحلة طويلة وبطيئة من التبريد المستمر ، يشع فيها طاقته بتقتير شديد في الفضاء ثم يبرد نهائيا ، ويموت بعد حياة حافلة دامت بلايين السنين . وعلى العكس من ذلك ، قد يموت النجم ميتة عنيفة اذا احتدمت تفاعلاته النووية فحطمت نابض الجاذبية ، وسببت تفكك أجزاء النجم .. وهذه الصيرورة الانفجارية الغريبة ، تعني نهاية النجم تماما ويطلق عليها اسم (السوبرنوفا) . ولكن المادة التي انطلقت في الفضاء الخارجي ، لن تفنى الى الابد بل تعود لتحقن في مجرة كبذر جديد : ان اعادة الحقن هذه داخل مجرة معينة ، عملية غاية في الاهمية بمظهرها الكيفي ، ذلك أن المادة التي تبعثرها السوبرنوفا ليس لها في الحقيقة ، نفس تركيب المجرة الاصلية . فالنجم الشاب كان جحيما من الهيدروجين ، وفي نهاية صيرورته النيوترونية أصبح يحوى نسبا عالية من نوى العناصر الثقيلة .

اذن فنجوم السوبرنوفا المتفجرة ، تقذف وترمي بالعناصر الثقيلة . وهذه الظاهرة الكونية العنيفة تعدل من نوع المادة الموزعة في المجرة (غبار ما بين النجوم) ، والتي لم تتكثف بعد لتكوين نجوم وليدة . هكذا تلفظ النجوم مادتها في الفضاء ، على أنماط مختلفه وفي مرات متعددة ، وليست هذه الحركة وحيدة الاتجاه ـ اي من النجم الى الفضاء الخارجي ـ بل ان هذه النجوم المتفجرة ، حتى بعد تكوينها في البداية ، تظل تتلقف المادة المجرية من الغبار الكوني ما بين النجوم ، وكانها تنقيه قبل أن يكون جزءا من النجم في لحظات ميلاده .

* والخلاصة ، أن النجوم والوسط المجرى يغذي بعضها بعضا بصفة مستمرة ، بواسطة تيار هائل ذى اتجاهين ، تتميز فيه حالتان نهائيتان هما :

- حالة القزم الابيض التي تتلقف المادة فقط .
- حالة السوبرنوفا التي هي قاذفة للمواد ، وهي تقذف اثقالا لا يتصورها العقل من العناصر الثقيلة وبشكل مروع .

ولكن هل تتحول كل النجوم الى سوبرنوفا ؟

نظرا لعدم فهم ما يحدث اثناء انفجار السوبرنوفا ، فان معظم الفلكيين يعتبرون هذه الظاهرة الكونية المثيرة نتيجة طبيعية لتطور النجم عندما تصل كتلته الى ٤ر١ من كتلة الشمس (حد شاندراسيكار) أو يزيد . ويعتقد علماء الفلك بأن انفجار السوبرنوفا ، يتأتى عندما ينضغط « قلب » النجم وهو في مرحلة الشيخوخة (او مركزه) ، بسبب الانكماش فتصل الكثافة فيه الى حوالي مليون مرة مثل كثافة قلب الشمس ، فبزيادة التقلص تسيطر قوى الجذب ، وينهار القلب في زمن لا يمكن تصوره (حوالي عشر ثانية) ، وتزداد الكثافة حتى تصل الى درجة تقارن فيها مع كثافة نواة الذرة . وهذا يجعل المركز اكثف ملايين المرات مما كان عليه قبل الانهيار الاخير . ونظرا لعدم قدرة مركز النجم على

الانكماش لاكثر من ذلك ، فان المادة المنهارة بشكل خاطف الى الداخل ، ترتطم بمقاومة على شكل حائط غاية في الصلابة . ومن هذه الصدمة المفاجئة للمادة الساقطة تتحرر الطاقة من القلب . وتنتج موجة اصطدامية تتخذ طريقها الى الخارج ممزقة لكتلة النجم بعنف انفجاري هائل .

ومن الممكن أن يكون هذا الانفجار الى الخارج مروعا ، لدرجة أن بعض المادة يطير أولا في الفضاء بسرعة تقرب من سرعة الضوء ولكن لا تساويها . وليست مادة النجم هي كل ما اضطرب واختفى في هذا الانفجار المروع الطاغي ، فهناك مجالات مفناطيسية وفي كثير من الاحيان تكون مجالات قوية جدا ، يقذف بها النجم فتستمر كعاصفة مفناطيسية هائلة في السحابة الغازية المتمددة . وتظل هذه السحابة دليلا على مكان النجم المتفجر لفترة طويلة ، كما تستمر في اشعاع طاقة كهرومغناطيسية مثل اشعة اكس والموجات الراديوية واشعة جاما ، اي كما حدث في سديم السرطان .

ولكن ما الذي يحدث « لقلب » النجم الكثيف بعد حدوث السوبرنوفا ؟ يعتقد علماء الفلك بأن « القلب » يستمر في الوجود ، ولكن على شكل (نجم نيوتروني) حيث تنهار الفراغات النووية ، وتتلاحم دقائق الذرات وتختفي الشحنات السالبة والموجبة ، ولا يبقى سوى النيوترونات ذات الشحنات المتعادلة ، التي تكونت من اندماج الالكترونات (ذات الشحنات السالبة) والبروتونات (ذات الشحنات الموجبة) بسبب الضغط والجاذبية الهائلين. والنيوترونات هي تلك الجسيمات الاولية ، الموجودة داخل نواة الذرة في الاحوال العادية مع البروتونات .

وقد لاحظ علماء الفلك فيعام ١٩٦٩ ، أنه يصدر من منطقة من الفضاء ، يطلق عليها اسم (سديم السرطان) وتبعد عنا بحوالي ٧٠٠٠ سنة ضوئية ، نبضات راديوية بالغة الشدة، فدرسوها بعناية وامعان واتضح أنها تنبعث عن الكترونات تنتقل بسرعة هائلة في

حقول مغناطيسية ، وأن سديم السرطان كما نراه الان هو المنظر الذي بقي لنا ، بعد أن شوهد الانفجار بتسعة قرون . وفي قلب هذه التشكيلة الكونية الغامضة ، نجم نيوتروني صغير ربما كان هو ما تبقى من النجم الاصل ، وكان هذا أول نجم نيوتروني يتم اكتشافه . وتبدو اهمية هذه الكارثة الكونية (السوبرنوفا) التي حدثت في سديم السرطان ، في أنها تقدم لنا حوالي ١٠٪ من الاشعاع الكوني ذى الطاقة العالية ، أي اشعة جاما .

وكانت الدراسات التي قام بها القمر الصناعي (المستكشف ٢) ، بالغة الاهمية حيث تبين انه بينما يصل الى الكرة الارضية ٣٧٠ وحدة ضوء (فوتون) في الثانية في المتر المربع ، من سديم السرطان . فهناك ١٠٠ وحدة فوتون من الشمس ، و ٣٥ وحدة من مجرة المرأة المسلسلة (التي يطلق عليها أسم م ٣١ حسب كتالوج العالم شارل ميسيه) ، والتي تبعد عنا مسافة تقدر بمليوني سنة ضوئية .

ولا يزال من غير المعروف ـ على وجه التاكيد ـ لماذا ينفجر نجم على هيئة سوبرنوفا ، بينما يعاني اخر من انهيار تجاذبي مروع ؟ ان الراي الراجح لدى علماء الفلك ، هو انه يوجد عامل قاطع يؤثر في شكل النهاية التي تحدث للنجم ويؤدي الى تحديد طريقة موته ، انها الكتلة وذلك الرقم السحري ٤ر١ قدر كتلة الشمس (أي حد شاندراسيكار) . فمن الناحية النظرية يمكن أن يحدث انفجار سوبرنوفا ، اذا كانت كتلة النجم اقل من حد شاندراسيكار ، أما اذا زادت عن هذا الحد فان الارتفاع الهائل لجاذبية النجم ، يرغم حتى فوتونات الضوء على عدم الافلات من جاذبيته ، بالرغم من الحقيقة المعروفة ان تاثير قوة الجاذبية على الفوتونات يكون في العادة بسيطا جدا .

ولكن الجاذبية الهائلة لنجم يتقلص ، يجعل فوتونات الضوء تنحني في مدارات حول النجم ، وتستمر في دورانها كطبقة سحابية خافتة . وفقط عندما يبلغ نصف قطر النجم ، نصف القطر

التجاذبي (حد شفارزشايلد) ، تتمكن الفوتونات الضوئية ـ التي تنطلق عموديا على السطح ـ من الافلات فتبقى كسحابة رقيقة حتى بعد أن يختفي من الكون المرئي . ولكن بعد أن يجتاز النجم نصف القطر التجاذبي ، لا تتمكن اية فوتونات أخرى من الافلات . والاعتقاد السائد بين علماء الفلك ، بأن نجما ما يعاني من انهيار تجاذبي هائل ـ الذي تؤيده نظرية فيزياء الجوامد ـ منطقي جدا ، لان الانهيار التجاذبي (أي ميل المادة للسقوط في اتجاه مركز الجذب) هو أحد القوانين الفيزيائية الاساسية ويلعب دورا كبيرا في ميكانيكية الكون .

وطالما ان كتلة هذا النجم المتقلص ، تزيد عن كتلة الشمس بأكثر من ٤ر١ مرة ، فهناك احتمال بوصول النجم الى نهاية حياته . . كثقب اسود .

افق الحدث Event Horizon

ما زال لغز الثقوب السوداء يحير علماء الفلك ، ويبدو انه سيظل لغزا لعدد طويل من السنوات القادمة . فهو اعمق أسرار الكون . ان الثقب الاسود « قبر » سماوي معلق في الفضاء ، يعتبر من اغرب الظواهر الفلكية في الكون كله . ولم تناقش هذه الظاهرة المثيرة الا خلال السنوات القليلة الماضية ، ولكنها اصبحت في الوقت الحاضر من أكثر الموضوعات الفلكية اثارة للنقاش بين علماء الفلك .

وفي حقيقة الامر أن فكرة الثقوب السوداء ، كان قد تنبأ بها عالم الرياضيات الفرنسي بيير لابلاس Pierre Laplace في عام ١٧٩٨ . فقد اعتبر الضوء سيلا من الجزيئات الدقيقة، وباستخدام نظرية الجاذبية لاسحق نيوتن قال بانه اذا وجد جسم بلغ من كثافته وكتلته حدا معينا ، فانه سيصبح غير مرئي ، ولن يتمكن حتى الضوء من الافلات من سطحه . وبرغم اختلاف آراء لابلاس عن نظرية النسبية العامة لاينشتين General Relativity الا أن النتائج متشابهة . ولقد وضح لعلماء الفلك بان الثقب الاسود ،

مساحة في الفضاء انهارت المادة فيها بحيث لا يتمكن الضوء أو أي مادة اخرى أو أي من الموجات ان تخرج من قبضتها . ولكن هذه المواد لا تشغل كل الحجم داخل الثقب الاسود . ولعله من الواضح ان القوة التجاذبية للمواد المنهارة هي التي أدت الى انشاء الثقب الاسود ، وطالما دخلت المادة النجمية داخل افق الحدث Event Horizon (أي حافة الثقب الاسود) ، فلن تؤثر مطلقا على حجم الثقب الاسود . اذن ما الذي يتحكم في حجم الثقب الاسود ؟ .

ان حجم الثقب الاسود يعتمد على كمية المادة داخل أفق الحدث ، وليس على الحجم الذي تشغله تلك المواد . وهنا نعترف انه من الصعب على العقل البشري أن يتقبل هذه الحقيقة . ولكي نستمر في مناقشة هذا الامر ، علينا ان نسأل انفسنا : اذا استمرت عملية تدفق المادة النجمية الى داخل الثقب الاسود ، الن يأتي الوقت الذي يمتلىء فيه الثقب حتى يزيد عن نصف القطر التجاذبي (حد شفارزشايلد) ؟ هذا السؤال يبدو منطقيا للغاية ، ولكن متى كان المنطق هو الاساس السائد في الثقوب السوداء .

وقبل ان نستطرد في البحث أكثر عن طبيعة الثقب الاسود ، ومم يتكون . سنقوم بتحليل اول اجزاء الثقب الاسود : أفق الحدث . ان افق الحدث هو حدود الثقب الاسود ، ولا يمكن لأي شيء ان يخرج عن هذا الحد حتى ولا الضوء ، أما خارج افق الحدث فيمكن لبعض الضوء ان يتحرك الى أعلى أو الى داخل الثقب الاسود . وكلما كان مصدر الضوء بعيدا عن افق الحدث ، كلما زادت فرصة فوتوناته في عدم الانجذاب الى عمق الثقب الاسود . أما عند افق الحدث فان انبعاث الضوء سيتوقف ، فهو لن يتحرك الى اعلى بعيدا الى الفضاء ، أو يهبط الى مركز الثقب الاسود .

ولو تصورنا الموقف السابق بالنسبة لجسم مادي (سفينة فضاء على سبيل المثال) ، فان الامر سيكون غريبا وبعيدا عن كل

تصور ، ذلك ان سفينة الفضاء لن تبلغ سرعتها سرعة الضوء ، ومن ثم فان احتمال عدم التهامها بواسطة الثقب الاسود ، هو قطعا أقل كثيرا من الاحتمال الذي يواجهه الضوء ، مهما كانت المسافة من أفق الحدث . ولنتصور أيضا اختلاف وجهتي نظر شخصين ، احدهما يراقب الثقب الاسود من مسافة بعيدة جدا ، واخر يسقط في داخله مندفعا نحو المركز . وهذا الاخير لن يلاحظ شيئا غريبا يحدث له ، وهو يهبط مجتازا أفق الحدث (مع الافتراض المستحيل بانه سيظل حيا واعيا لما يجري) . ولو قام هذا الشخص بقياس سرعة الضوء عند أفق الحدث لوجده كالمعتاد (٣٠٠ الف كيلو متر في الثانية) ، بالرغم من ان الشخص الذي يراقب الثقب الاسود من بعيد سيرى الضوء ثابتا واقفا غير متحرك .

اما بالنسبة للشخص الذي يهبط في عمق الثقب الاسود ، فانه سيصل الى المركز في وقت محدود ــ وهو عادة وقت قصير جدا ــ يعتمد على حجم الثقب الاسود . وفي واقع الامر ، فان الشخص الساقط داخل الثقب الاسود ، سيتم فناؤه عن طريق قوى الجاذبية الهائلة قبل ان يصل الى المركز . ولكن هذا لا يغير من المبدأ العام الذي قررناه سابقا ، وهو أن اية جسيمات تسقط داخل الثقب الاسود ستصل الى مركزه في وقت يبدو انه محدود Finite .

وبالرغم من هذا ، فان الشخص الذي يرصد الثقب الاسود من بعيد ، سيرى الامر مختلفا . فحيث ان نظرية النسبية العامة لاينشتين ، تقرر بأن الزمن يتباطأ بالنسبة لمادة تتحرك بسرعة كبيرة، وأيضا بالنسبة لشيء يتعرض لجاذبية شديدة . وهكذا فمن وجهة نظر المراقب الخارجي ، فان الشخص الذي يتجه الى الثقب الاسود ، كلما اقترب من أفق حدثه تباطأ الزمن ، بالنسبة للراصد الخارجي ، حتى يصل الشخص الى أفق الحدث نفسه ، وهنا يتوقف الزمن تماما . هنا سيرى الراصد الخارجي الشخص الهابط الى الثقب الاسود ، وهو يقترب اكثر فاكثر من أفق الحدث ، ولكنه

لن يجتازه مطلقا ، وذلك لان زمن الشخص الهابط قد توقف من وجهة نظر الراصد الخارجي .

ان المثال السابق مجرد مثال نظري ، ذلك انه من الناحية العملية لن يتمكن المراقب الخارجي من رؤية أي ضوء يصدر من أفق الحدث (حدود الثقب الاسود) ، وذلك بسبب ما يسمى بظاهرة الازاحة الحمراء التجاذبية Gravitational Red Shift .

ويقصد بظاهرة الازاحة الحمراء التجاذبية ، انتقال خطوط الطيف في اتجاه تناقص اطوال الموجات ، فكلما اقترب مصدر الضوء (في مثالنا الشخص الهابط والمسلط عليه الضوء) ، من أفق الحدث ستزداد ظاهرة الازاحة الحمراء ، وسيقل الاشعاع الذي يراه المراقب الخارجي . وعند الوصول الى افق الحدث فان الازاحة الحمراء ستصبح لا نهائية ، ومن ثم لن يرى اي اشعاع . بمعنى اخر فانه كلما ازدادت الازاحة الحمراء (اتجاه الطيف نحو اللون الاحمر) ، كلما قل اشعاع الضوء المسلط على الشخص الهابط نحو الثقب الاسود ، حتى يخفت تماما ويصبح غير مرئي .

ومن وجهة نظر الشخص الهابط ، فسيقول بانه سيصل الى مركز الثقب الاسود في وقت محدد ، اما بالنسبة للمراقب الخارجي فسيدعى أنه يلزم وقت لا نهائي لاجتياز أفق الحدث .

وهنا نتساءل : ايهما على حق ؟ . الاجابة على هذا السؤال : كلاهما على حق . آخذين في الاعتبار أنه حسب نظرية النسبية العامة لاينشتين ، ليس هناك شيء مطلق فيما يتعلق بالزمن أو الفضاء . فكلا من الشخصين على حق حسب ما يرى .

يتضح لنا الان ، أنه عند افق الحدث ــ تلك الحدود غير المرئية للثقب الاسود ــ على الجسم أن يبلغ سرعة الضوء حتى يتمكن من الهروب من مصير الالتهام داخل الثقب الاسود . وحيث أن الاجسام المادية ــ حسب النظرية النسبية ــ لن تصل الى هذه السرعة الهائلة ، فان افق الحدث يعتبر طريقا بلا عودة ، ونقطة اذا

تعـداها الجسم لن يعود مرة اخرى ، بل سيسحق ويفنى داخل الثقب الاسود .

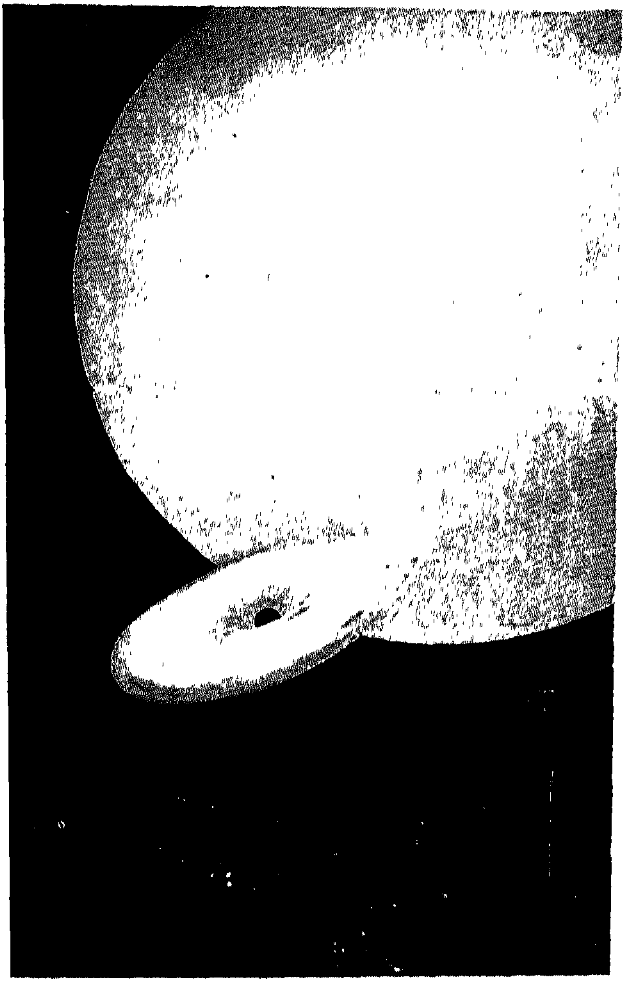
اما الحوادث التي تقع على سطح افق الحدث للثقب الاسود ، فيمكن للراصد الخارجي أن يراها ، اما تلك التي تحدث في عمق الثقب الاسود ، فلن يتمكن من رؤيتها اي أن حدود رؤيته تتعلق بمستوى افق الحدث .

فكرة الزمن والمكان Spacetime Idea

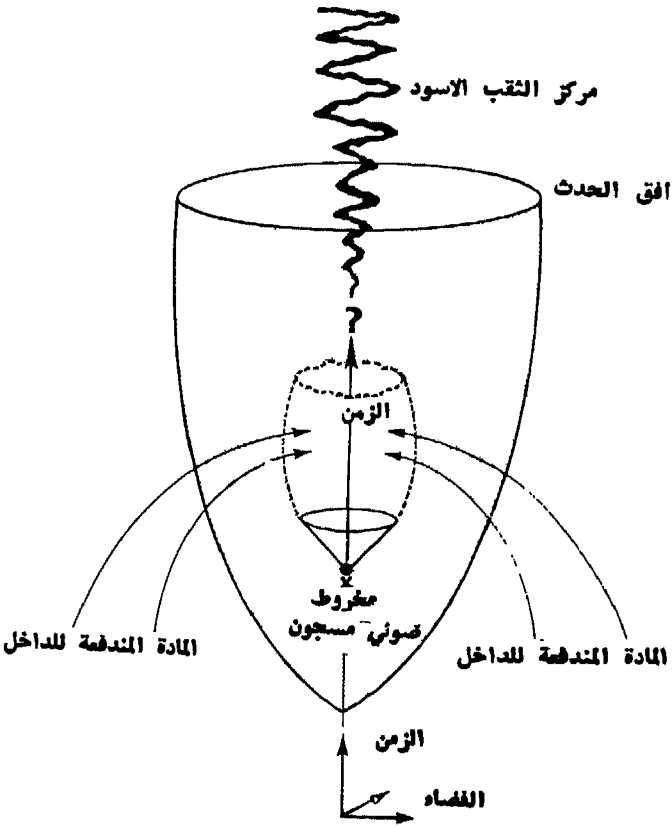
لقد استعان اينشتين في نظرية النسبية العامة ، بفكرة الزمن والمكان ، والتي تتعلق بارتباط الابعاد الاربعة (الطول والعرض والارتفاع والزمن) ، أي ثلاثة احداثيات مكانية واحداث زمني لتحديد الحدث . وهذا الارتباط بين الزمن والمكان ، ضروري لفهم طبيعة الكون . فالزمن يمكن اعتباره كبعد رابع ، ولكي يتم ذلك لا بد أن يكون الزمن عموديا على كل الابعاد الثلاثة الباقية (الطول والعرض والارتفاع) ..

وتحدثنا ايضا النظرية النسبية العامة عن تحدب الزمن والمكان Curvature واحدى نتائج تحدب الزمن والمكان ، هي انحراف ضوء النجم المار على حافة الشمس والذي يمكن قياسه أثناء حدوث الكسوف الكلي للشمس .

ويعتبر تحدب الزمن والمكان في نصف القطر التجاذبي (حد شفارزشايلد) للثقب الاسود ، محدودا . ولكن هذا التحدب يزداد باطراد ، كلما اقتربنا من مركز الثقب الاسود Singularity ، وهذا يعني أن المادة التي انهارت تنضغط وتكبس الى أن تصبح كثافتها ما لا نهاية في المركز . وتصف نظرية النسبية العامة مركز الثقب الاسود بأنه منطقة يختلط فيها الزمن والمكان ، وتخرق فيها كل النظريات الفيزيائية ، حيث توجد قوة لا نهاية لها من الجاذبية على شكل مد وجزر بالاضافة الى المادة المنهارة .



(شكل ـ ٣٩) الثقب الاسود يلتهم نجما هائلا



(شكل ـ ٤٠) ميلاد الثقب الاسود

٢
داخل الثقب الاسود

المد والجزر في الثقب الاسود Black Holes Tides

لكي نتفهم آثار المد والجزر الهائلين في الثقب الاسود ، علينا ان نتخيل تأثير الجاذبية الجبار على عالم فيزيائي اخذ على عاتقه ، مهمة السقوط داخل افق الحدث ثم الى عمق الثقب الاسود . مما لا شك فيه أن قدميه ستكونان أقرب الى الثقب من راسه ، وأيضا ستكون قوة الجاذبية الهائلة التي تجذب قدميه أكثر من تلك القوة التي تجذب راسه . والفرق بين هاتين القوتين هو ما يسمى بالمد والجزر التجاذبي Tidal Gravitational Force . ونتيجة لهـذا الفرق سيتمدد العالم المسكين طوليا الى حدود كبيرة جدا ، ثم يأخذ في الهبوط في الثقب الاسود مارا بأفق الحدث ومندفعا نحو المركز . واثناء ذلك تأخذ قوى الجذب بالضغط عليه ، فيسحق جسمه ويصغر حجمه الى حد أن يصبح غير مرئي ، ويتبع ذلك ان تنحل جزيئاته وذراته ، وتختلط الالكترونات في ذراته بأنويتها . وبالطبع سيموت المسكين قبل ذلك بكثير من جراء تمدد طوله وما يسببه ذلك .

ويكون العامل الاول في تلاشي هذا العالم الفيزيائي المسكين ، كامنا في قوى المد والجزر الهائلة ، التي تزداد كلما اقترب الجسم المادي من مركز الثقب الاسود . وظاهرة المد والجزر معروفة فوق سطح الكرة الارضية ، بتأثير القمر والشمس ودوران الارض ، على البحار والمحيطات والانهار . وهي لا تمثل أي خطر على الانسان اذ أن تأثيرها ضعيف للغاية عليه . اما بالقرب من الثقب الاسود أو في داخله ، فقوى المد والجزر هائلة بلا حدود .

وتعتبر قوى المد والجزر هي الظاهرة التي يتميز بها الثقب الاسود ، والذي عن طريقها يمكن مراقبته ودراسته . فبينما تنجذب اليه الفازات تقوم قوى الجاذبية والمد والجزر بضغطها ، وكنتيجة لهذا ترتفع درجة حرارتها ، فيتولد عنها اشعاع ذو طاقة عالية مثل الاشعة السينية (أشعة اكس) التي يمكن عن طريق التقاطها معرفة مكان الثقب الاسود ، ولكن يجب أن نأخذ في حسابنا ، انه ليست كل مصادر الاشعة السينية ثقوبا سوداء .

دراسة افق الحدث

يؤثر الثقب الاسود في الزمن والمكان بطريقتين : فجاذبيته الهائلة تعوق مرور الاشارات منه الى اي مصدر خارجي ، كما أن مرور الوقت بالقرب من الثقب الاسود يتباطأ بشكل غريب . ان افق الحدث هو حد الثقب الاسود ، الذي يليه العمق المجهول الذي يغرق فيه اي شيء مادي الى الابد ، بدون عودة الى العالم الخارجي . وافق الحدث يتخذ الشكل الكروي ، ويعتمد نصف قطره على كتلة الثقب الاسود . وبالتأكيد فان نصف القطر هذا صغير جدا ، لانه يتناسب مع حجم الثقب الاسود الضئيل . ويسمى نصف قطر افق الحدث أيضا (حد شفارزشايلد) ويبلغ حوالي ٣ كيلو مترات ، لكل كتلة مثل كتلة الشمس . اي اذا تحول نجم تبلغ كتلته ١٠ امثال كتلة الشمس الى ثقب اسود ، فان أفق الحدث يكون نصف قطره ٣٠ كيلو متر (٣ كيلو متر × ١٠) ، وهذه المساحة البسيطة لا تكاد ترى في الفضاء الفسيح .

واذا حدث ورأى شخص ما الثقب الاسود وهو يتكون ، فسيشاهد تقلص النجم في وقت قصير جدا ، ثم يبدأ الضوء الصادر من النجم في الازاحة نحو اللون الاحمر ، وذلك كلما اقترب ذلك النجم من افق الحدث ، وتكون خطوط الطيف هنا معتمة ، وفجأة عندما يقترب النجم في تقلصه الى حد كبير من افق الحدث ، يبطؤ تقلص النجم لان جاذبيته ستجعل كل حركة تبدو وكأنها تعرض

بالتصوير البطيء ، حين يراقبها راصد من بعيد . ويبدو أن التقلص قد تجمد تماما عندما يكاد يصل الى افق الحدث .

ومقدار الانزياح نحو الاحمر يزداد في هذا الوقت (خطوط طيف معتمة) ، حتى ان النجم يبدو أسود اللون ، وسيتجمد التقلص عندما يزداد مقدار الازاحة الحمراء . ولان النجم يشع ضوءه على شكل فوتونات ، فسيأتي الوقت الذي يرسل فيه النجم اخر فوتون من الضوء الى الفضاء الخارجي . وتوضح الدراسات الفلكية الحديثة ، ان الفوتون الاخير الذي يشع من نجم تبلغ كتلته ١٠ أمثال كتلة الشمس ، يستغرق زمنا يقل عن واحد في المئة من الثانية الواحدة ، وذلك بعد ان يجتاز نصف قطر شفارزشايلد ، فيصبح النجم اسود اللون ــ لعدم اشعاعه أي ضوء ــ ويتجمد تقلصه . ولهذا يطلق على الثقوب السوداء : النجوم المتجمدة

وهكذا يتضح من مناقشتنا السابقة ان افق الحدث يمثل حدودا للثقب الاسود ، ولا يمكن رؤية أي شيء يحدث هناك حيث لا تصدر من هذه المنطقة أية فوتونات للضوء ، وكلما اقتربنا من أفق الحدث يبطؤ الزمن حتى يتجمد . وهكذا يمثل أفق حدث الثقب الاسود ، احد ألغاز الكون الغامض . ولكي يمكن أن نوضح ماذا يحدث عند الاقتراب من افق الحدث ، لناخذ مثالا : فلنفترض انك تريد أن تجتاز أحد الابواب ، وانت تقف على بعد ثلاثة أمتار منه ، وتريد أن تصل الى الباب ولكن عليك ان تقطع نصف المسافة في كل مرة .. فالخطوة الاولى ستأخذك مترا ونصف المتر نحو الباب ، وهكذا ستحقق تقدما نحو هدفك ، ولكنك لن تجتاز الباب أبدا اذا ما ابتعدت هذه القاعدة ــ قطع نصف المسافة المتبقية ــ دائما للوصول الى هدفك .

فالخطوة الثانية ستنقلك ٧٥ سنتيمترا والثالثة ٣٧ر٥ سنتيمترا والرابعة ١٨ر٧٥ سنتيمترا ... وسيظل دوما هناك مسافة

او نصف مسافة مهما صغرت بينك وبين الباب . أي انك لن تحقق هدفك في اجتياز الباب ، ولكنك ستقترب منه فقط مع كل خطوة .

ونفس هذه القاعدة السابقة ، تحدث عند مراقبتك لشخص ما يدخل أفق الحدث للثقب الاسود ، فسيبدو لك انه يأخذ وقتا طويلا بلا حدود ، اذ تبطؤ حركته مع مرور الزمن كلما اقترب اكثر من أفق الحدث ، حتى يبدو مجمدا تماما في وقت ما من وجهة نظر الراصد الخارجي .

واذا كنا نراقب الثقب الاسود من بعيد ، فان افق الحدث يبدو مكانا غريبا جدا ، حيث أن فكرة توقف الزمن في هذا الموقع ، يتناقض مع الراي السائد عن مرور الزمن في هذا العالم .

عندما يدخل الضوء الى افق الحدث

اتضح لنا أن أفق الحدث هو حدود الثقب الاسود ، ولا تستطيع أية اشارات أن تهرب من داخله الى الخارج ، ولكنها يجب أن تندفع نحو مركز الثقب الاسود . ولو فرضنا أن الضوء يتجه الى أفق الحدث في شكل كرات صغيرة تتوسطها نقط سوداء يطلق عليها اسم (مقدمة الموجة Wave Front) . وعلى بعد كبير من الثقب الاسود ، نجد ان النقطة السوداء تتوسط كرة الضوء الصغيرة ولكن كلما اقتربت من الثقب الاسود تغير موضعها بسبب الجاذبية الهائلة التي تتعرض لها . وبمجرد دخول كرة الضوء الى أفق الحدث ، لن تستطيع الخروج بل تندفع الى مركز الثقب الاسود .

داخل الثقب الاسود

لنا الآن أن نتساءل : ما الذي يوجد في مركز الثقب الاسود ؟ لو فرضنا ان هناك سفينة فضاء قد أمكن لها اجتياز افق الحدث ، الى داخل الثقب الاسود فانها ستنجذب بعنف هائل الى المركز .

وبينما هي تقترب من مركز الثقب الاسود ، تزداد قوى تيارات الجذب حتى انها تسحق تماما ، قبل ان تصل فعلا الى المركز .

ويمكن لسفينة أن تقاوم هذه الجاذبية الهائلة ، بأن تعمل على تشغيل صواريخ محركها في محاولة للهروب من تأثير التيارات المدية المروعة ، ولكنها لن تستطيع أن تفعل شيئا سوى أن تؤجل مصيرها المحتوم لفترة قصيرة جدا ، قد تبلغ جزءا من الثانية . وتقدم لنا النظرية النسبية العامة لاينشتين ، فكرة عما يوجد في مركز الثقب الاسود ، تلك المنطقة التي تحوى من الظواهر ما لا يصدقه عقل .

ففي هذا المركز تتراكم كل مادة الثقب الاسود ، حيث ينعدم الحجم ويصبح مساويا للصفر ، وتكون كثافته غير محدودة ، وتيارات المد والجزر لا نهائية . وافق الحدث ليس له اي تأثير على الفضاء الخارجي ، طالما ان اي شيء يدخله لن يخرج منه مطلقا . وهذا ينطبق أيضا على عمق الثقب الاسود ، فهو معزول عن الكون بواسطة افق الحدث .

وكل ما يسقط في الثقب الاسود يفقد هويته ، أيا كان نوع المادة المسحوقة في ذلك المكان الغريب من الكون ، حيث لا تسود أية قوانين فيزيائية معروفة .. ففي الثقب الاسود لا يمكن تمييز أية مادة ، حيث ان المادة تتكون من جزيئات وذرات تفصلها فراغات ، ولكن في تلك القبور السوداء تختفي كل صفات المادة ، وحتى لا تكون هناك موجات أو طاقات . لان هذه الموجات أو الطاقات تنبعث من المادة ، اذا اثيرت بعوامل ومجالات معينة ، وعلى ذلك لا يوجد في عمق الثقب الاسود سوى السكون والصمت القاتل .

وهكذا تجذب الثقوب السوداء أية سفينة فضاء ، قد يوقعها سوء حظها بالقرب منها ، فاذا زاد اقترابها من هذا اللغز الفضائي ، فانها لن ترتطم بسطح الثقب الاسود (أفق الحدث) ، بل ستهوى داخله بسرعة هائلة بفعل مد وجزر الجاذبية اللانهائية في مركز

الثقب الاسود . ولن تسحق المادة المكونة لسفينة الفضاء ، ورواد الفضاء داخلها ، فحسب . بـل ستختفي في جزء من الثانية . وسيحدث هنا أمر غريب .. فالمادة التي سحقت وتفتت ، ومع ذلك فهي موجودة بمادتها ، أي أن المادة قد تضاءلت الى حد أنه لا يمكن رؤيتها ، حتى بأقوى المجاهر الالكترونية التي تكبر الاشياء مئات الالوف من المرات . وبرغم أن المادة التي انهارت الى عمق الثقب الاسود ، قد أصبحت غير مرئية الا أنها موجودة بكل ثقلها .

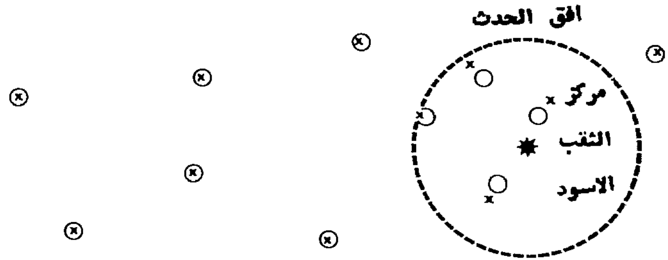
دورة حياة النجوم

قبل أن نستمر في تحليلنا للثقوب السوداء ، دعونا نتذكر حياة النجوم منذ مولدها حتى موتها : منذ لحظات ميلاد النجم ومعظم الغاز الذي يدخل في تكوينه هو الهيدروجين ، مخلوطا بكمية صغيرة من الهليوم وشوائب بسيطة من العناصر الاثقل منه . وكلما ازدادت الكتلة كلما قصر الوقت اللازم لاتمام مرحلة النجم الاولى ، فالنجم كبير الكتلة يمكنه بسبب شدة مجال جاذبيته ، انجاز ميلاده في وقت قصير نسبيا . ويتطلب نجم كتلته مثل الشمس حوالي ٥٠ مليون عام من بداية الانكماش حتى بداية أشتعال العمليات النووية الحرارية في قلبه ، بينما نجم اكبر كتلة من الشمس بعشر مرات يقطع نفس المرحلة في نصف هذه المدة الزمنية . اما النجم الذي تبلغ كتلته ٢ر كتلة الشمس ، فيتطلب زمنا يصل الى نصف بليون سنة .

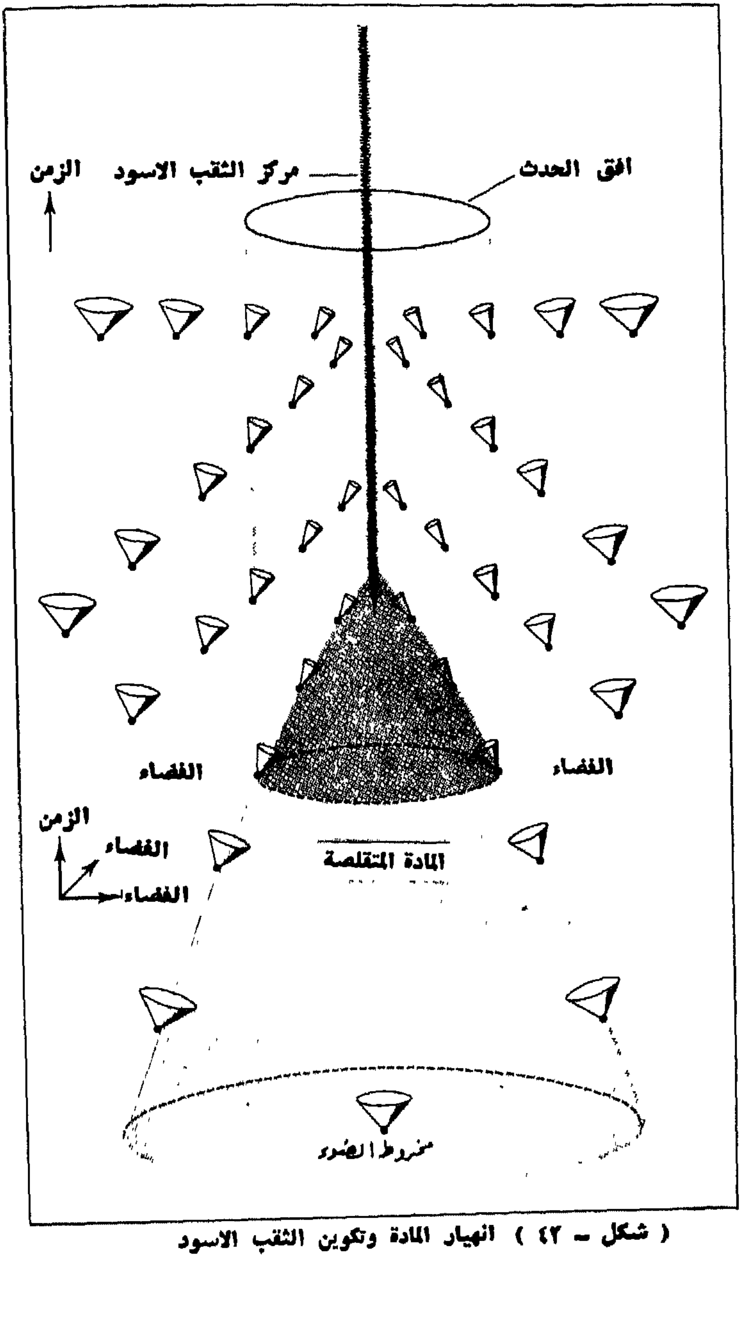
وتبدأ التفاعلات النووية داخل النجم ، عندما يصل تقلصه الى حد معين وتكون درجة حرارته الداخلية حوالي نصف مليون درجة مئوية ، وعندها يتحول الهيدروجين الى هليوم بالاندمـاج النووي .. وعندما تصل درجة الحرارة في داخل النجم الى حوالي ثمانين مليون درجة مئوية ، يدخل الهليوم (أي ناتـج اندمـاج الهيدروجين) في تفاعل نووي حراري متحولا الى عناصر أخرى اثقل . ثم يأتي الوقت الذي يتعادل فيه ضغط الحرارة العالية في

داخل النجم مع قوة الجاذبية ، وهكذا يتوقف الانكماش ويدخل النجم الى مرحلة التتابع الرئيسي ، ويصبح النجم كآلة معلقة في الفضاء تشع الضوء ، وقودها هو مادتها . وفي نهاية حياة النجم يكون قد استهلك كل وقوده النووي ، ومن ثم لن يستطيع الاحتفاظ بحرارة كافية في باطنه للابقاء على طبقاته الخارجية وهكذا ينكمش مرة اخرى . واذا ترك النجم جثة صغيرة ، فان هذا الجسم الميت يستطيع ان يحمي نفسه من التقلص اكثر ، وذلك لان ضغط الانحلال هذا لا ينتج عن الحرارة ، فسيستمر تأثيره حتى لو انخفضت درجة حرارة النجم .

وتنتهي حياة النجم ذى الكتلة الصغيرة كقزم ابيض ، أو نجم نيوتروني . اما اذا زادت كتلة النجم عن حد حرج معين ، فان ضغط الانحلال يفقد مفعوله بسبب ثقل النجم ، وهكذا لا يستطيع الاحتفاظ بكتلة النجم كما هي ، ومن ثم يتحول النجم الى ثقب أسود .



(شكل ـ ٤١) عندما يدخل الضوء الى افق الحدث



(شكل ـ ٤٢) انهيار المادة وتكوين الثقب الاسود

٣
البحث عن الثقوب السوداء

اين تختفي الثقوب السوداء ؟

يبدو ان أكثر الطرق منطقية لايجاد الثقوب السوداء ــ حسب احدث النظريات الفلكية ــ هي ان نبحث عن جثث النجوم التي تزيد كتلتها عن ثلاثة امثال كتلة الشمس . ولكن الصعوبة التي تقابل علماء الفلك ، هي أن هذه الثقوب السوداء لا يمكن رؤيتها . فكيف اذن يتم اكتشافها ؟ ان علماء الفلك يعتمدون على الآثار التي تحدثها الثقوب السوداء فيما حولها ، ومن ثم يقولون بأن هناك احتمالا بوجود الثقب الاسود في مكان ما في الفضاء .

أما الآثار التي تنبىء عن وجود الثقوب السوداء ، فهي قدرتها الغريبة على التهام كل ما يقترب منها من اشياء ، وايضا امكانها جعل النجوم الهائلة ــ التي تكبرها بملايين المرات ــ تتخذ لها مدارا حولها . وحتى ولو كان الثقب الاسود غير مرئي في عمق الفضاء الحالك ، فان بعض النجوم عندما تدور حول شيء ما لا يمكن تمييزه بدقة ، فاغلب الظن أنه ثقب أسود . ولكن كيف يمكن أن نرصد نجما على بعد سحيق (ربما آلاف السنوات الضوئية) ، ونعرف بانه يدور حول شيء ما غير مرئي ؟ هناك في واقع الامر سؤالان اساسيان يجب الاجابة عليهما :

* كيف نعرف أن النجم يتخذ له مدارا ؟

* كيف نوقن ان رفيق النجم هو جسم فضائي غير مرئي ، وليس مجرد نجم باهت يحجبه عن النظر ، ضوء النجم الاصلي الذي يمكننا رؤيته ؟

للاجابة على كل من السؤالين ، علينا ان نقوم بتحليل طيف النجم الاصلي . ذلك ان ضوء النجم ـ مثل ضوء الشمس ـ مكون من عدة الوان هي الوان قوس قزح ، ولكي نقوم بتصوير طيف النجم علينا ان نحلل اولا ضوءه الى الالوان المختلفة ، حسب طول موجاتها ثم نقوم بتصوير النتائج .

فكل ما نريد معرفته عن النجم يمكن الحصول عليه من تحليل طيفه ولونه ، لان الرسائل التي نتلقاها من النجوم عبارة عن اشعاعات ـ اشعة جاما والاشعة السينية وفوق البنفسجية واشعة الضوء والاشعة تحت الحمراء والموجات الراديوية ـ واكثر ما يميز طيف النجوم هو تلك الخطوط السوداء التي تتخلله ، والتي تدل على ان ضوءا اقل يشع في لون معين بالذات ، ذلك ان لون الضوء في الطيف يتباين من اللون الازرق (الى اقصى اليسار) ، واللون الاحمر (الى اقصى اليمين) . وتوجد هذه الخطوط السوداء بسبب ان ذرات خاصة في طبقات النجم العليا ، تمتص بعض الضوء فيبدو موقع ما امتص في الطيف كخطوط سوداء .

ولكن ما الذي يمكن ان تدلنا عليه هذه الخطوط السوداء ؟ بتحليل اشكال هذه الخطوط السوداء ، يمكن ان نعرف اي نوع من النجوم يشع هذا الضوء ، وايضا يمكن معرفة درجة حرارة النجم وحجمه وشدة لمعانه Luminosity . فدرجة حرارة النجم هي العامل الرئيسي التي تحدد شكل طيفه ، ومن ثم فقد تم ترتيب النجوم في نظام يسمى التتابع الطيفي Spectrum Sequence .

واصبح علم التحليل الطيفي فرعا لا غنى عنه من فروع علم الفلك ، وقد بنيت على اكتشافات هذا الفرع ، النظريات الحديثة عن الكون . وقد رمز للانواع الطيفية ـ كما سبق وبينا ـ بالحروف اللاتينية التالية : O B A F G K M N وكل حرف منها يدل على مرتبة خاصة من النجوم ، يمكن تحديد نوعها من طيفها . على ان يبين الحرف الاول O على اكثر النجوم سخونة ، اما الحرف N فيشير الى اقل النجوم حرارة .

وفي شكل رقم (٤٤) ، نجد طيفا لنجم من مرتبة A (مثل نجم الشعري اليمانية) ، تختفي فيه الخطوط السوداء ، لان درجة حرارة النجم عالية جداً . وايضا في الشكل (٤٤) ، نجد ان الطيف لنجم مرتبة G(مثل الشمس) وان الخطوط السوداء التي تتخلله من الناحية اليسرى ، ناتجة عن وجود ذرات كالسيوم التي توجد عادة في نجوم درجة حرارتها مثل الشمس . ولكن تحليل طيف النجوم يمكن ان يكشف لنا عما هو اكثر من درجة الحرارة . ففي السنوات الاخيرة ، تقدم علم التحليل الطيفي الى الحد الذي امكن باستخدامه ، تقدير حجم النجم ايضا ومقدار لمعانه .

* ويمكننا الآن ان نجيب على السؤال الثاني وهو : كيف نعرف أن رفيق النجم هو ثقب اسود أم مجرد نجم خافت ؟ . علينا اولا ان نحدد درجة لمعان هذا الرفيق الغامض ، لان حرارة النجم تقرر ايضا مدى لمعانه ، فنجم من مرتبةA اشد لمعانا من نجم من مرتبة G مائة مرة ، ونجم من مرتبة G اشد لمعانا من نجم من مرتبة Mمائة مرة ايضا . ولكن كيف نعرف ان رفيق النجم موجود اصلا ؟ .

حيث اننا لسنا على مسافة قريبة منه حتى يمكننا بالرصد المباشر ان نتاكد من وجوده ، ومن ثم يجب ان نعتمد على التحليل الطيفي لهذا الرفيق ، لنكشف سره الغامض عن طريق استخدام ازاحة دوبلر .

ازاحة دوبلر Doppler Shift

ان تغير اللون او طول الموجة في مواقع الخطوط السوداء في طيف النجوم التي يمكن رصدها ، هي التي تحدد ان النجوم تتخذ لها مدارا . وهذا التغير في اللون يسببه ما يسمى بازاحة او اثر دوبلر .

تسمى الازاحة في طول موجة الضوء لاحد النجوم ، عندما يتحرك في اتجاه الارض او بعيدا عنها ، باسم اثر او ازاحة دوبلر . وحيث ان الضوء يتحرك في شكل موجات ، فان هذه الموجات تبدو اطول بالنسبة للنجم الذي يبتعد عن الارض ، ولما كان طول موجة الضوء الاحمر اكثر من طول موجة الاضواء الاخرى المرئية ، فهناك دائما ازاحة نحو طرف الطيف الاحمر للنجم الذي يبتعد .

اما بالنسبة للنجم الذي يتحرك في اتجاه الارض ، فستبدو الموجات اقصر وستكون الازاحة في اتجاه الطرف الازرق من الطيف . ويشير مقدار الازاحة في اي من الاتجاهين ، الى سرعة النجم في الاقتراب او الابتعاد . واذا قام احد علماء الفلك بتحليل طيف احد النجوم في اوقات مختلفة ـ عندما يتحرك ناحية الارض وهو يتخذ مدارا حول رفيقه الخفي ـ سيجد أن خطوط الطيف ستتحرك الى اللون الازرق . وعندما يمر النجم بين الارض والرفيق الخفي ، فلن يلاحظ اية ازاحة ، اما عندما يبتعد النجم عن الارض مستكملا دورته حول رفيقه الخفي ، فسيلاحظ ذلك العالم الفلكي كازاحة نحو اللون الاحمر في الطيف .

وعندما يترابط نجمان ويتكون منهما نظام مزدوج يطلق عليهما اسم النجوم المزدوجة Binary ، والمزدوج هو نجم يدور بصحبة اخر حول مركز ثقل مشترك ، وقد لا يقتصر هذا الاقتران فقط على نجمين ، فهناك أنظمة تحتوي على ثلاثة حتى سبعة نجوم ، وفي حالات اخرى على آلاف النجوم . واصطلاح النجوم المزدوجة يدل فقط على نجمين مترافقين ، اما ما زاد عن نجمين فهو نظام عديد النجوم اي متعدد او مركب .

ان تقلص اي نجم ليكون ثقبا اسود ، لا يعني اختفاءه من الوجود برغم انه سيصبح غير مرئي . فالنجم يظل محتفظا بمجاله التجاذبي ، ومن ثم فالثقب الاسود ـ الذي يكون جزءا من نظام نجمي مزدوج ـ له نفس التاثير على حركة النجم الاخر ، وهذا يعني

أن نظام النجوم المزدوجة هي انسب الاماكن للبحث عن الثقوب السوداء . حيث يستدل العلماء على وجود نجم خفي لا يعطي اي اشعاع ولكن كتلته ـ التي يمكن معرفتها بدراسة حركة النظام الثنائي ـ تزيد على ثلاثة كتل شمسية .

وهناك طريقتان يمكن بهما رصد النجوم المزدوجة ودراستها ، ففي بعض حالات النجوم القريبة يمكن أن تظهر المجموعة المكونة من نجمين ، خلال التلسكوب بوضوح فنستطيع دراستها بالرصد المباشر . وفي حالات أخرى ـ بالنسبة للنجوم البعيدة ـ نستخدم التحليل الطيفي للتحقق من وجود الرفيق الخفي للنجم المرئي ، والذي ربما يتضح انه ثقب اسود .

الاشعة السينية (x) والثقوب السوداء

بحث علماء الفلك عن كل الوسائل ، لكي يتأكدوا من وجود الثقوب السوداء . وكان من أهم الصعوبات التي واجهتهم هو عدم تمكنهم من التفريق بين الثقب الاسود واي نجم عادي تغلفه طبقات غازية كثيفة . وقد اتضح لعلماء الفلك بأنه اذا اقتربت أية غازات أو غبار كوني من الثقب الاسود ، فستنسحق وتزداد كثافتها بفعل الجاذبية الهائلة . وعندما تضغط هذه الغازات تزداد درجة حرارتها ، وتستمر في الارتفاع كلما ازداد ضغط هذه الغازات ، وهكذا تتسارع ذراتها في الاندفاع في شكل دوامة الى الثقب الاسود . وتكون هذه الدوامة المكونة من الغازات المضغوطة والساخنة ، قادرة على اصدار الاشعة السينية عندما تقترب بمسافة كافية من مصيرها المحتوم ، اي من افق الحدث للثقب الاسود .

فاذا كان هناك ثقب أسود في مكان ما بالفضاء ، وحدث أن اقتربت منه مجموعة من الغازات السابحة في الكون ، واندفعت اليه بفعل جاذبيته الجبارة ، وبينما هي تتسارع الى داخله ، وقد انضغطت وارتفعت درجة حرارتها ، تصدر أشعة سينية . وهكذا

بدأ العلماء في استخدام ما يسمى بعلم فلـك الاشعة السينيـة X—Ray Astronomy وذلك بغرض تتبـع تلك النبضـات التي ترسلها الغازات الهاوية ، في شكل دوامات هائلة تتسارع الى الثقب الاسود ، كمحاولة منهم للبحث عن هذا اللغز الغامض في الكون .

علم فلك الاشعة السينية

أصبح علم فلك الاشعة السينية ، يمثل الاسس الهامة التي يعتمد عليها علماء الفلك في البحث عن الثقوب السوداء . وفي عـام ١٩٦٠ ، كان العلماء يتلقون الاشعة السينية الهابطة من الفضاء ، بواسطة اجهزة رصد ترسل أعلى من الطبقة الجوية للكرة الارضية ، في صواريخ أو بالونات خاصة ، وذلك لان الاشعة السينية تمتص في جو الارض ولا تصل الينا .. وكانت هناك صعوبة بالغة تقابل علماء الفلك في هذه التجارب ، فقد كانت الصواريخ لا يمكن لها تلقي الاشعة السينية أكثر من خمس دقائق فقط ، وهي الفترة التي يبقاها الصاروخ مرتفعا فوق جو الارض .

وكان مجموع الفترات التي امكن للصواريخ تسجيل نبضات الاشعة السينية فيها ، حوالي ساعة واحدة وهي مدة لا تكفي للقيام بأية دراسات جادة عن الكـون . وفي عام ١٩٦٩ تجـاوزنا عهد الصواريخ ، وذلك باطلاق القمر الصناعي أوهورو Uhuru ، لتلقي الاشعة السينية من الفضاء . ويعتبر هذا القمر الصناعي ، من اهم المراصد الفضائية التي تم تشييدها في تاريخ العلم الحديث ، وقد اشتق اسمه من مكان ووقت اطلاقه : فقد تم اطلاقه من ساحل كينيا بافريقيا في عيد استقلالها الخامس . وكلمة (اوهورو) باللغة السواحلية معناها (الحرية) . واستطاع هذا المرصد الطائر ان يمسح منطقة واسعة من الفضاء ، وهكذا أمكن له أن يحدد مكان ١٦١ مصدرا نابضا بالاشعة السينية ، ومنها .. مصدر في مجرتنا . ويعتقد علماء الفلك بأن هناك احتمالا كبيرا بأن تكون هذه المصادر الفضائية ، النابضة بالاشعة السينية ، ثقوبا سوداء .

نجم الدجاجة اكس ـ ١ .. اول ثقب اسود ؟

لم يكف علماء الفلك عبر القرون عن تصميم أجهزة فلكية ، لمحاولة الكشف عن أسرار الكون . وقد أدخلوا التحسينات المختلفة على المناظير (التلسكوبات) من عدسات بدائية في عهد جاليليو ، الى مرصد بالومار (عدسته حوالي خمسة أمتار) بالولايات المتحدة .

كذلك قام العلماء بتحليل الضوء الابيض الى أجزائه ، بواسطة أجهزة تحليل الطيف . واخيرا اضافوا منظارا بالغ القوة ، يمكنه استراق السمع الى النجوم التي تبعد عنا بلايين السنوات الضوئية .. انه المنظار الراديوي . ويعنى علم الفلك الراديوي بفحص الفضاء ، عن طريق تجميع الاشارات اللاسلكية التي ترسلها الكواكب والنجوم بمختلف أشكالها وحجومها وانواعها ، وقد انشأت الهيئات العلمية في كثير من بلاد العالم ، هوائيات هائلة مصوبة الى النجوم تتسمع لنبض الاجرام السماوية محاولة معرفة بعض اسرارها الغامضة . وقد قام علماء الفلك الراديوي ـ من أجل التقاط الاصوات الخافتة الصادرة من الفضاء ـ ببذل مجهودات شاقة ، لتحسين اجهزتهم التي تتكون من طبق هائل لتركيز الموجات على الهوائي الفعلي الموجود في مركز الطبق ، ثم تكبر الموجات أولا على جهاز استقبال ، وترسل بعد هذا الى جهاز كومبيوتر لازالة التشويش ، واخيرا يدون جهاز التسجيل الاشارات على مخطط بياني ، حيث يفحصها علماء الفلك الراديوي .

وقد اماطت أبحاث علم الفلك الراديوي Radio Astronomy عن كثير من الظواهر ، التي لا يمكن للمناظير العادية (البصرية) أن تراها ، مثل سحب الغاز الكوني الداكنة التي تتخلل المسافات بين النجوم ، وكذلك المجرات البعيدة جدا الى درجة انها لا تكتشف الا عن طريق الموجات اللاسلكية (الراديوية) التي تصدرها .

ولا شك أن علم فلك الاشعة السينية ، هو أحد امتدادات علم الفلك الراديوي ومن ثم سناخذ بعض الامثلة للتجارب التي تجرى

على المصادر التي تبث الاشعة السينية ، في محاولة للبحث عن الثقوب السوداء . ومن اكثر ما يحير علماء الفلك في الوقت الحاضر هذا السؤال :

* هل نجم الدجاجة اكس ــ ١ Cygnus X-1 هو أول ثقب اسود اكتشف ؟ . تبدأ قصة هذا التساؤل في عام ١٩٦٥ ، عندما اكتشف نجم الدجاجة اكس ــ ١ ، أثناء مرحلة اطلاق الصواريخ لتلقي الاشعة السينية من الفضاء الخارجي . وكما يتضح من اسم هــذا النجم ، فهــو من اوائــل مصادر الاشعة السينية التي تم اكتشافها ، ومنذ تحدد مكانه في الفضاء وهو يثير حــيرة علماء الفلك ، من حيث طبيعته اذ انه لا يمكن رؤيتــه باستخدام أي تلسكوب بصري ، برغم انه يقع في مجرتنا . واستطاع علماء الفلك الراديوي في عام ١٩٦٩ ، معرفة المزيد عن هذا النجم الغامض (الدجاجة اكس ــ ١) ، فقد تغيرت قوة نبضات الاشعة السينية التي تصدر منه .

وفي عامي ١٩٧١ ، ١٩٧٢ حدث تطور هام في رصد هذا النجم . فخلال شهري مارس وابريــل ١٩٧١ اكتشف القمــر الصناعي (أوهورو) ، نقصا ملحوظا في قوة اصدار الاشعة السينية من نجم الدجاجة اكس ــ ١ ، وظهر فجأة مصدر راديوي في نفس مكان هذا النجم الغامض .

واستخدمت أقوى المناظير الراديوية في البحث عن هذا المصدر الراديوي ولكن دون جدوى ، ثم اتضح فيما بعد أمر غريب ، ان كلا من الاشعة السينية والموجات الراديوية تنبعــثان من نفــس المصدر . وأهمية هذا الاكتشاف تكمن في ان الموجات الراديوية ، يمكن قياسها بدرجة أدق من الاشعة السينية .

وبهذا تم التأكد بأن هناك نجما هائلا يدور بالقرب من المصدر (الدجاجة اكس ــ ١) ، وأمكن بواسطة التحليل الطيفي معرفة الكثير عن هــذا النجم الذي اطلــق عليــه اســم هـ د ا ٢٢٦٨٦٨

HDE 226868 وهو الرقم الذي وضعه العالم هنري درابرفي كتالوج التصنيف الطيفي) ، وهذا النجم الهائل من المرتبة الطيفية الساخنة ولونه أزرق ، ويقع في مجموعة الدجاجة Cygnus ويبعد عنا بحوالي ٦٥٠٠ سنة ضوئية .

وفي عام ١٩٧١ اكتشف علماء الفلك في اليابان ، ان الاشعة السينية من المصدر (الخفي الدجاجة اكس ـ ١) تخفق بسرعة كبيرة جدا ، وهذا يعني أن هذا المصدر الفضائي الذي يرسل الاشعة السينية ، كثافته عالية جدا ، ومن ثم فقد زاد احتمال ان يكون النجم ألدجاجة اكس ـ ١ ... ثقب أسود . وهنا بدأ علماء التحليل الطيفي عملهم ، وبحثوا عن أي آثار لازاحة دوبلر في طيف النجم الهائل هـ د ا ٢٢٦٨٦٨ ، واتضح لهم انه يدور مدفوعا بقوة جاذبية جبارة لرفيق خفي ، هو الدجاجة اكس ـ ١ .

اذن فنظام النجم هـ د ا ٢٢٦٨٦٨ ، هو نظام مزدوج (أي نجمان يدوران حول بعضهما) ، وبلغ من شدة اقتراب هذا النجم من الثقب الاسود ، أن تغير شكله الى الشكل البيضاوي ، كما اخذت مادته تندفع الى الثقب الاسود في شكل دوامة وبمجرد اقترابها منه ، يصدر عنها الاشعة السينية ، كما يتضح من الشكل

وفي بعض الاحيان ، تكون النجوم المزدوجة قريبة جدا من بعضها من زاوية الرؤية ، حتى أن المسافة بينهما قد تكون أقل من عشر ثانية من الدرجة ، وعندئذ لا يستطيع أقوى تلسكوب أن يفرق بينهما .. ولولا اثر دوبلر لما امكن اكتشاف طبيعة هذا الازدواج ، ولحسب العلماء أن ما يرون هو نجم واحد لا نجمان .

ففي النظام الثنائي اذن ، يدور النجمان حول مركز مشترك ، ويحدث وضع يقترب فيه احدهما من الارض بينما يبتعد الاخر عنها . وفي هذه اللحظات تنزاح خطوط الطيف القادمة من النجم المقترب ، انزياحا طفيفا الى جهة اللون الازرق (اقصى اليسار

من الطيف) ، كما تنزاح خطوط طيف النجم المبتعد الى اللون الاحمر (أقصى اليمين من الطيف) . وعلى ذلك ، فان طيف هذا النجم الثنائي يظهر مزدوجا مرتين في اثناء كل دورة ، ومن قياس الازاحات الطفيفة في الخطوط الطيفية ، قياسا دقيقا يستطيع علماء الفلك ان يحسبوا سرعة كل من النجمين .

وفي احوال نادرة ، نجد ان احد النجوم المزدوجة يمر احيانا امام رفيقه فيحجب ضوءه ويخسفه . والثنائي المنخسف يعطينا ثروة من المعلومات ، لان الخسوف عندما يحدث يدلنا على اننا ننظر الى المدار من الجنب ، فالانحراف اذن اصبح معروفا . ومن انزياح خطوط الطيف فيه ، يمكن أن نعرف شكل المدار وحجمه الصحيحين ، ويمكن أن نحسب أيضا كتلة كل من النجمين بدرجة دقيقة ، وبالاضافة الى ذلك ، فانه عندما ينخسف النجم نستطيع أن نعرف حجمه وشكله ولمعان سطحه .

لقد ساد الاعتقاد في وقت ما ، بأن النجوم المزدوجة قد نشأت من اقتناص نجم لآخر يمر بجانبه ، وارغامه على الدوران حوله . ولكن من المعروف فلكيا في الوقت الحاضر ، ان مثل هذا الحادث امر غير ممكن ، لان القوانين الفيزيائية لا تستطيع أن تفسر امكان وجود وسيلة لامتصاص الاندفاع الهائل عند مرور نجم بآخر . وهناك رأي اخر بأن النجوم المزدوجة ، قد نشأت عن انقسام نجم أولي كبير الى نجمين ، ولا يزال هذا مجرد احتمال . غير ان الاعتقاد العام السائد بين علماء الفلك في الوقت الحاضر ، هو أن النجوم المزدوجة قد تكونت في نفس الوقت ومن نفس تكاثف الغبار والغاز الكونيين ، وانهما يتساويان في العمر .

والنوع الشائع من النجوم المزدوجة ، مكون من نجم تتابع رئيسي أزرق يرافق اما قزما أبيض او ثقبا اسود ، أي أن احدهما قد تطور بسرعة أكثر من الاخر . أما بالنسبة للثنائي المزدوج هـ د أ ٢٢٦٨٦٨ والمصدر الدجاجة اكس ــ ١ ، فهناك بعض الخطوط

الاضافية في الطيف ناتجة عن تقارب هذا النظام المزدوج تقاربا شديدا . ففي النقطة التي يكادان يتلامسان فيها ، يندفع تيار من الغاز من النجم الى المصدر الذي يظنه العلماء ثقبا اسودا . ويظل يتدفق باستمرار في شكل لولبي في طريقه الى داخل الثقب الاسود ، مكونا اسطوانة كثيفة من الغاز حوله .

ويؤثر الثقب الاسود على النجم العملاق ، بتيارات جبارة وفي نفس الوقت يتمدد النجم ليتحول الى عملاق احمر . وبينما هو يحاول التمدد يلتهم الثقب الاسود طبقاته العليا ، ومن ثم يبدو أن كميات هائلة من الغازات تندفع من سطح النجم هـ د أ ٢٢٦٨٦٨ ، الى الثقب الاسود لتكون حوله طبقة كثيفة من الغاز ، تزداد انضغاطا وهي تسقط داخله على شكل دوامة ، فيصدر عنها الاشعة السينية .

وفي نهاية عام ١٩٧٢ ، اكتشف علماء الفلك دليلا اخر يثبت أن المصدر الدجاجة اكس ـ ١ هو ثقب اسود ، وليس نجما نيوترونيا كما كان يظن العلماء . فقد اتضح أن النجم هـ د أ ٢٢٦٨٦٨ والذي يمكن رؤيته بالتلسكوب ، تبلغ كتلته حوالي ٣٠ مرة قدر كتلة الشمس وبتحليل الرفيق الغامض (الدجاجة اكس ـ ١) ، اتضح أن كتلته تتراوح بين خمسة وثمانية مرات قدر كتلة الشمس .

ولكن النجم النيوتروني لا يمكن أن يزيد عن ثلاثة أمثال كتلة الشمس وربما أقل ، ومن ثم فقد رجح علماء الفلك بأن المصدر الدجاجة اكس ـ ١ ، ذلك الرفيق الغامض الذي يكون نظاما مزدوجا مع النجم العملاق هـ د أ ٢٢٦٨٦٨ ، هو ثقب أسود .

الثقب الاسود الصغير Mini Black Hole

يقول بعض علماء الفلك بانه لو لم تكن مجرتنا تدور ، لتحولت منذ زمن بعيد الى ثقب أسود هائل . ولم ينقذنا من هذا المصير الا مدارات النجوم في المجرة ، مما يوازن قوة الجاذبية مع مركزها .

ولكن احتمال تكون ثقوب سوداء من مجرات كاملة منهارة ، هو احتمال وارد . ومن ناحية أخرى ، تنبأ عالم فلكي شهير (ستيفن هاوكنج من جامعة كمبردج) ، بامكان وجود ثقب اسود صغير جدا ، واوضح ايضا بأن كلا من الكثافة وتيارات الجاذبية ، تزداد مع صغر حجم الثقب الاسود .

فعلى سبيل المثال ـ وكما بينا من قبل ـ ان الشمس اذا تحولت الى ثقب اسود (حسب معادلة شفارزشايلد) لاصبح نصف قطرها ٣ كيلو متر فقط ، وبنفس المقاييس ستصبح الكرة الارضية حوالي ١ سنتيمتر ، وفي هذه الحالة ستصبح كثافة الارض ، اكبر مائة بليون مرة من كثافة الشمس وهي ثقب اسود . وباستخدام فكرة الثقب الاسود الصغير ، امكن لبعض علماء الفلك (جاكسون وريان بجامعة تكساس) في عام ١٩٧٣ ، من تفسير الحادث الغامض الذي وقع في (تانجوسكا) بسيبريا في الاتحاد السوفيتي .

ماذا حدث في تانجوسكا ؟ Tunguska Event

ان العلماء حتى الان ما زالوا حائرين امام ما حدث في (تانجوسكا) بالمستنقعات المنعزلة في شمال سيبريا ، الساعة السابعة والنصف من صباح يوم ٣٠ يونيو (حزيران) عام ١٩٠٨ . ففي هذا اليوم سمع الاهالي ـ في نطاق مساحة يبلغ قطرها حوالي ١٢٨٠ كيلو مترا ـ صوت انفجار مروع ، اقتلع الاشجار وحولها الى فحم وأزال الغابات من مناطق شاسعة وقضى على حيوانات الايائل في تلك المساحة . وقد قدرت قوة هذا الانفجار الهائل بحوالي عشرين قنبلة هيدروجينية .

وقال الاهالي بأنهم شاهدوا شيئا لامعا ازرق اللون ، يتحرك فوق رؤوسهم من الجنوب الشرقي ، وكان يتساقط منه الشرر ويخلف وراءه ذيلا من الدخان . وعرف الجميع ان حادثا ما قد وقع في الشمال ، ولكن احدا من الناس لم يستطع اختراق المستنقعات

الوعرة ليعرف حقيقة ما حدث . وبعد تسعة عشر عاما ، ذهبت أول بعثة علمية لمحاولة التعرف على أسباب هذا الانفجار الذي روع المنطقة كلها ، وقد تعجب علماء البعثة عندما لم يجدوا فوهة كبيرة مكان الانفجار ، اذن فسبب التدمير ليس نيزكا كما كان يعتقد العلماء من قبل .

وقد وجدت هذه البعثة عددا كبيرا من الحفر الصغيرة الملأى بالماء في منطقة الانفجار كلها ، ولكن الدراسة المعمنة في الدقة ، دلت على انها لم تكن فوهات نيزكية وانما كانت تشكيلات طبيعية ، نشأت عن تحركات الجليد الدائم تحت السطح ولا اثر لأية بقايا من النيزك . وثارت المناقشات طويلا بين علماء الفلك ، حول ما حدث في تانجوسكا . وكان هناك رأي يقول ، بأن السبب يرجع الى نيزك هائل ، احدث كل هذا الدمار وسبب الانفجار .

واحدث راي يحاول تفسير ما حدث في تانجوسكا ، هو ما كتبه العالمان الفلكيان جاكسون وريان من جامعة تكساس في مقال بمجلة (الطبيعة) في شهر سبتمبر (ايلول) عام ١٩٧٣ . فقد أوضح المؤلفان ان سبب الانفجار ، هو اصطدام الارض بثقب اسود غاية في الصغر قدرا نصف قطره بحوالي واحد من مليون من السنتيمتر ، وله قوة جاذبية هائلة التاثير ، وعندما اقترب من الكرة الارضية بسرعة اكبر من سرعة الفرار منها ، اصطدم بها ثم اخترقها ، واختفى مرة اخرى في الفضاء .

وقد تسبب مرور هذا الثقب الاسود الدقيق في جو الكرة الارضية ، حدوث هذا الانفجار وظهور اللون الازرق أثناء اندفاعه من الفضاء الى الارض . وعاد العالمان ليؤكدا بان الثقب الاسود قد عاد مرة اخرى ، منطلقا من اسفل شمال المحيط الاطلنطي عند خط عرض ٤٠ ــ ٥٠ شمالا ، وخط طول ٣٠ ــ ٤٠ غربا . وفي هذه المنطقة لا بد انه قد حدثت هزات ارضية واضطرابات شديدة في المحيط . وبالرغم من أن احتمال اصطدام كوكب الارض بثقب

اسود ، هو احتمال يكاد يكون مستحيلا ، الا ان تفسير حادث تانجوسكا بتأثير ثقب اسود صغير جدا ، يبدو امرا مثيرا . ولنفرض جدلا ان هذا هو ما حدث فعلا ، فما الذي كان يمكن ان يحدث لو كان الثقب الاسود قد اندفع الى الارض بسرعة اقل من سرعة الافلات Escape Velocity (اي السرعة اللازمة للافلات من جاذبية الارض) ؟ .

الاجابة : حدوث كارثة فظيعة . فبعد اصطدام الثقب الاسود بسطح الكرة الارضية ، لن يخترقها الى الفضاء مرة اخرى ، بل سيستقر في باطنها وياخذ في التهام المواد من حوله مستخدما قوة جاذبيته الهائلة . وسيتم التهام كوكب الارض في وقت طويل وذلك لصغر حجم الثقب الاسود ، ولكن قوته في الابتلاع ستزداد كلما كبر حجمه ، اي انه اذا استقر ثقب اسود في مركز كرتنا الارضية ، فاختفاء كوكبنا امر لا يمكن تلافيه .

الثقوب السوداء .. والطاقة

قد تمدنا الثقوب السوداء بتفسير لمصادر الطاقة الغامضة في الكون ، فنحن نعلم الآن انه لا يمكن خروج اي شيء من افق الحدث (اي حدود الثقب الاسود) ، ولكن كيف يمكن تلقي الطاقة (الاشعة السينية) من المواد التي تندفع داخله . فهل نستطيع ايجاد الوسائل التي يمكن بواسطتها الحصول على الطاقة من الثقوب السوداء ؟ .

لناخذ مثالا واقعيا ـ في حياتنا اليومية ـ حتى يمكن الاجابة على هذا السؤال . ان الشمس تحول ما يقرب من اربعة ملايين طن من المادة الى طاقة كل ثانية ، كنتيجة للتفاعلات النووية الحرارية التي تجرى في باطنها . وكفاءة هذه التفاعلات في الشمس ، اقل من ١ ٪ اي انه من بين كل مائة طن من المادة ، يتحول اقل من طن واحد الى طاقة . ولنقارن ذلك مع المادة التي تندفع بشكل دوامة

الى داخل الثقب الاسود ، باعثة طاقة أثناء انهيارها . وقد اوضحت الدراسات ان حوالي ٦٪ من هذه المادة تتحول الى طاقة ، وبمعنى اخر ، فان المواد التي تنهار داخل مركز الثقب الاسود اكثر كفاءة وقدرة على تحويل المادة الى طاقة ، بالمقارنة بالتفاعلات النووية الحرارية في نجم متوسط كالشمس . وتتعلق نسبة ال ٦٪ بالثقوب السوداء غير الدوارة أي الثابتة Stationary ولكن في الواقع ان الثقوب السوداء التي تنشأ عن النجوم المنهارة ، يجب ان تدور بسرعة كبيرة وتبلغ فيها كفاءة تحويل المادة الى طاقة حوالي ٤٣٪ . وهذه النسبة المرتفعة جعلت علماء الفلك يظنون بأن الثقوب السوداء ، هي التي تزود بالطاقة اشباه النجوم (الكوازرات) .

وناقش العلماء أيضا الراي القائل بأن هناك ثقبا اسود هائلا في مركز مجرتنا ، تبلغ كتلته بين عشرة آلاف ومائة مليون مثل كتلة الشمس . فقد اتضح وجود مصدر للطاقة في هذه المنطقة ، على شكل نبضات راديوية واشعة تحت الحمراء .

* واذا كان هناك ثقب اسود هائل في مركز مجرتنا ، فكيف يمكن أن نقوم بدراسته ؟ .

ان علماء الفلك يعتمدون على النبضات الراديوية والاشعة تحت الحمراء ، لاعطائهم فكرة عما يوجد في مركز مجرتنا . وهذه الاشعاعات لا بد لها من مصدر للطاقة ، وقد قال بعض العلماء بأن الموجات تحت الحمراء (الموجات الحرارية) تصدر من سحابة هائلة من الغبار الكوني ، ولكن هذا لا يفسر مصدر الطاقة . اذ لا بد من عامل يرفع درجة الحرارة في هذا الغبار الكوني حتى يكون قادرا على اصدار الموجات تحت الحمراء . فهل هناك ثقب اسود هائل في مركز مجرتنا يمكن ان يكون مصدرا للطاقة لهذه السحابة الهائلة ؟ قام العالم الفلكي جوزيف ويبر بجامعة ميرلاند ، بابداء بعض الآراء حول هذه المشكلة . فقد وجدت موجات تجاذبية

Gravitational Waves تأتـي من مركـز مجرتنـا ، وهذه الموجات يمكن اعتبارها اضطرابات في مجالات الجاذبية التي تنطلق بسرعة الضوء (الضوء ايضا هو اضطراب ذو طبيعة كهرومغناطيسية) .

ولنفرض ان هناك عاملا كونيا مجهولا قد دمـر الشمس ، فلن نعرف ما حدث الا بعد ثماني دقائـق ، وهـو الوقت الـلازم للضوء لكي يقطع المسافة بين الشمس والارض ، وعلى ذلك سنرى الشمس تضيء لمدة ثماني دقائق قبل حدوث التدمير . وستمر ثماني دقائق قبل ان ندرك اختفاء مجال الجاذبية للشمس ، مما سيؤدي الى توقف الارض عن الدوران حولها وانطلاقها الى اعماق الفضاء .

وبمعنى آخر ، فان اضطراب الجاذبية (اختفاء الشمس في مثالنا) ، سيأخذ نفس الوقت الذي يستغرقه الضوء للوصول الى كوكب الارض .

وتنشأ موجـات الجاذبيـة من انفجارات السوبرنوفا أو من سقوط المادة بكميات هائلة في الثقوب السوداء .

وكانت مهمة (ويبر) صعبة للغاية في تتبع موجات الجاذبية ، فاقام اسطوانتين ضخمتين من الالومنيوم لاستقبال هذه الموجات ثم تكبيرها وتسجيلها ، وكانت المسافة بين هاتين الاسطوانتين حوالي ألف كيلو متر ، وذلك لازالة اي تشويش من الفضاء قد يتدخل في الموجات .

واثبت تجارب العالم (ويبر) ان موجات الجاذبية تاتي الى كوكب الارض من مركز مجرتنا ، فاذا كان نفس هذا المكان هو الذي يصدر موجات الجاذبية متساوية القوة في كل الاتجاهات ، فهناك ، اذن احتمال ان يكون في هذه المنطقة ثقب اسود هائل .

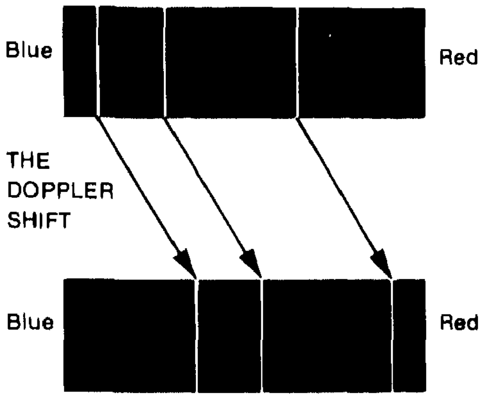
ولا ريب ان هذا الثقب الاسود يلتهم آلاف النجوم كل عام .

ولكن مايزال علماء الفلك في انتظار دليل قاطع على وجود مثل هذا الثقب الاسود الهائل في مركز مجرتنا (سنناقش هـذا الامـر بالتفصيل في الفصل الرابع) .

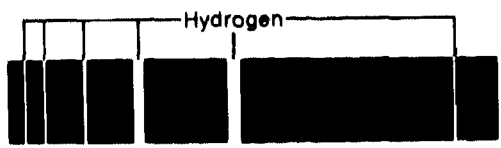
وقد تبدو انهيار مجرات باكملها داخل ثقوب سوداء ، مجرد خيال جامح ولكن هناك دلائل على وجود مواد بكميات هائلة غير مرئية في مجموعات المجـرات Clusters of Galaxies ويتخلل هـذه المجرات مادة غير مرئية ، مكونة من غازات وغبار كوني ، أو ربما مجرات معتمة .

وهناك احتمال ان تكون هذه المادة غير المرئية ، مكونة من ثقوب سوداء ، ومنها تكون النسبة الكبرى في هذا الكون .

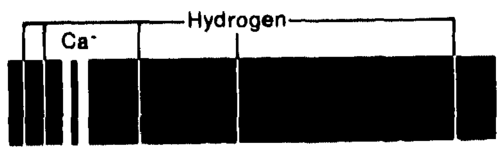
ان الثقب الاسود الموصوف في هـذا الفصل شيء مفهـوم جيدا ، من وجهة نظر الفلكيين النظريين . والنتائج المقدمة مقبولة علميا لكل من يقتنع بنظرية الجاذبية حسب تفسير اينشتين ، وهي مقبولة من جميـع اصحاب نظرية الثقب الاسود بصفة عامـة ، والبحث عن الثقوب السوداء ليس كاملا بأي حال من الاحوال ، بل هناك حاجة ماسة الى ابحاث كثيرة يقوم بعضها على المشاهدات والرصد ، ويقوم بعضها الآخر على الأبحاث الرياضية والفيزيائية الكونية النظرية ، لكي تتضح معالم هذا اللغز الكوني الغامض .



(شكل ـ ٤٣) الردوبلر : اذا اخذ طيف نجم ما في وقتين مختلفين فاننا نلاحظ انزياحا في طول الموجة (او اللون) في خطـوط الطيف ، فالنجميتحرك نحونا او بعيدا عنا أثناء دورانه حول رفيق ما .

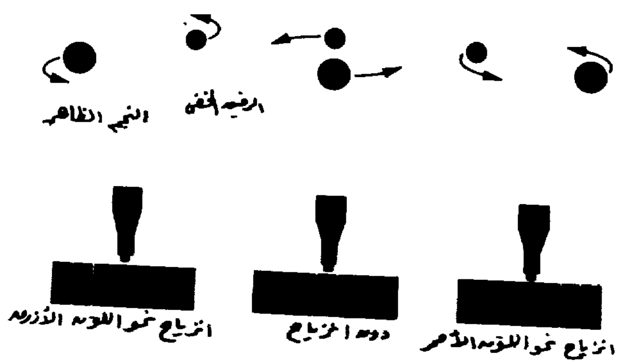


A HOT STAR'S SPECTRUM



A COOLER STAR'S SPECTRUM

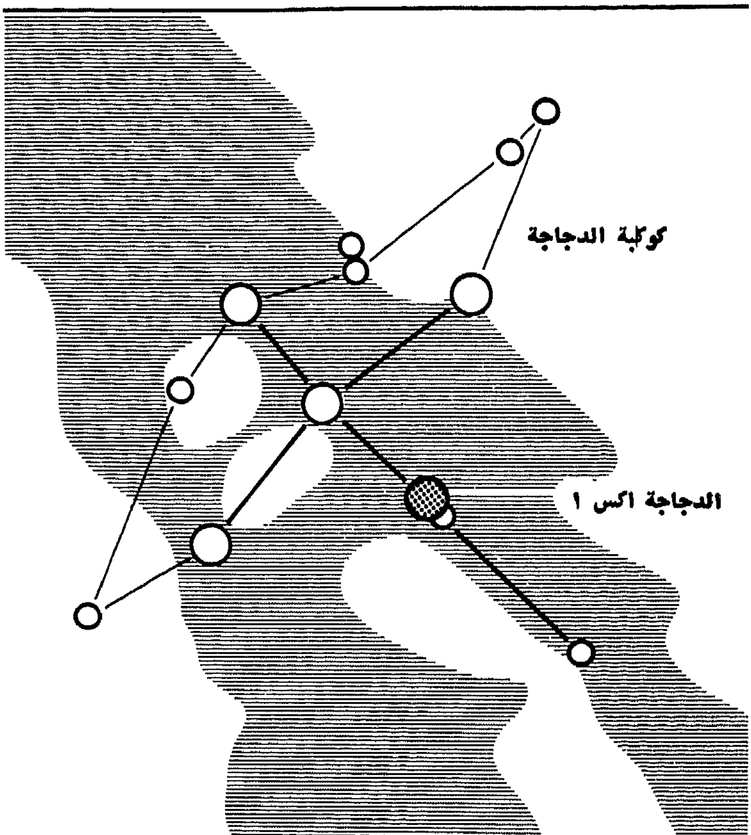
(شكل ـ ٤٤) طيف نجم شـديد الحرارة (الى اعلى) وطيف نجـم اقل حرارة (الى اسفل) .



(شكل ـ ٤٥) الانزياح نحو الازرق والاحمر اثناء دوران نجم ما حول رفيق خفي.



(شكل ـ ٤٦) النجم العملاق (هدا ٢٢٦٨٦٨) والمادة تندفع منه الى الثقب
الأسود (الدجاجة اكس ١) وتصدر اثناء ذلك اشعة اكس .



(شكل ـ ٧٤) كوكبة الدجاجة ومكان الدجاجة اكس ١ (ثقب آسود) ، والخطوط المظللة تمثل مجرتنا (الطريق اللبني) .

٤
مصيدة في الفضاء

بعض الاسرار .. عن المجهول

قد يبدو امر الثقوب السوداء كنوع من الخيال ، ولكن الفضاء بدأ يفصح عن كل ما هو مثير وغريب ، وما زال في الكون الغامض الكثير من الاسرار التي نتعرف عليها ببطء شديد . يمكن النظر الى الثقب الاسود كأغرب الاجسام السماوية المعلقة في الفضاء ، انه كمصيدة كونية تلتهم كل ما يصادفها في طريقها ، وما ان تمتلىء بها المواد المسحوقة الخفية حتى لا يكون لها اي امل في الهروب ، حتى الضوء بسرعته الخارقة لا يستطيع ان ينفذ من براثن شباك الثقب الاسود ..

ان كل ما يهبط الى الثقب الاسود ، يترك عالمنا الى الابد في داخل مصيدة فضائية ساكنة حالكة الظلام ، حيث يتوقف الزمن . كل هذا يحدث ، لان المواد والغازات التي كانت النجوم قد ولدتها في الفضاء ، قد انهارت وانضغطت وتكدست واحاطت نفسها بمجالات رهيبة من موجات الجاذبية ، تؤثر بها على كل ما حولها . ومع ذلك فبالنسبة لعالم فلكي يعكف على رصد الفضاء ، لا يبدو هذا المصير المحتوم ملحوظا ، فان كويكبا غافلا في الفضاء تصيده احدى الثقوب السوداء ، لن يشاهد وهو يدخلها بل سيبدو مجمدا على سطحها (افق الحدث) من وجهة نظر مراقب خارجي والسبب في ذلك يرجع الى قوة الجذب الهائلة ، التي تمسك بالضوء فلا تسمح الا بقدر قليل يقل كثيرا عما تسمح باطلاقه القوانين الطبيعية

المعروفة . ولهذا يظل المراقب الخارجي يشاهد الكويكب (مجمدا) على افق الحدث بينما هو في الحقيقة ، قد ابتلع داخل الثقب الاسود في جزء من الثانية .

واذا كانت الثقوب السوداء تبدو ثابتة ساكنة ، عندما تكون بعيدة جدا عنا ، فانها سرعان ما تنبذ جمودها عند اقترابنا منها ، ونجد أنها تلتهم اي شيء يدنو منها .. حقا انها رفات نجوم مكدسة منهارة ولكنها اصبحت ـ حتى بعد الموت ـ مصيدة في الفضاء .. لرفات نجوم أخرى . ان احتمال تعرض الشمس او حتى كوكب الارض ، لمصير الالتهام بواسطة ثقب اسود ، هو احتمال ضئيل جدا . ذلك أن فرصة تعرضنا لمثل هذا المصير ـ بالوقوف مباشرة في طريق ثقب اسود في الكون ـ هو كاحتمال صدامنا مع نجم صغير متجول بالقرب من مجرتنا .

ومع هذا ، يرى بعض علماء الفلك ان فرصة صدامنا مع أحد الثقوب السوداء ، قد تحدث وعندها لا بد من حدوث بعض الظواهر العنيفة كدلائل ، مثل الزلازل المدمرة والانفجارات الشديدة وتصدع الارض ، وهذه هي التي تنذرنا بقرب هذا الخطر الداهم .

وقد تكون حولنا في مجرتنا ثقوب سوداء اكثر مما ندرك ، أن البشرية لم تحفل بهذا الخطر من قبل ، ولكن يجب علينا الان أن ندرس بامعان ، امكان حدوث اصطدام مع ثقب أسود كما حدث في عام ١٩٠٨ في تانجوسكا بسيبريا ، حيث يرى عالمان فلكيان بجامعة تكساس بالولايات المتحدة ـ كما ذكرنا من قبل ـ انه في ذلك التاريخ اخترق ثقب اسود دقيق جدا الكرة الارضية ، محدثا انفجارا مروعا ثم عاد الى الفضاء مرة أخرى .

ويجب ان ندرك ايضا ان الانسان على وشك السفر خارج المجموعة الشمسية ، بعد نجاح اطلاق مركبة فويجر ـ ٢ في اغسطس (آب) ١٩٧٧ ، الى خارج المجموعة الشمسية . وكان هذا الحدث اروع انجاز لتكنولوجيا الفضاء حتى الان ، أما الاهمية

العلمية لهبوط سفينتي الفضاء (فايكنج) فوق كوكب المريخ ، فتكمن في حقيقة ، كانت الى وقت قريب اشبه بالخيال ، وهي ارسال مختبر تحليل كامل الى أرض المريخ الحمراء ، ليبحث عن اسرار هذا الكوكب الغامض ويرسل المعلومات الدقيقة الى كوكب الارض .

ان سرعة الابحاث الفلكيـة تتزايـد باستمرار ، ومحاولات الانسـان غزو الفضاء ما تزال تتقدم باطراد في محاولة للتعرف على هذا الكون الرائع . وقد تحدث كارثة محققة تنهي أول محاولاتنا للسفر خارج المجموعة الشمسية ، كأن تختفي سفينة فضاء تماما داخل افق الحدث ، لاحد الثقوب السوداء . لذا وجب أن نرصد هذه المصائد الفضائية الخطيرة على خريطة فضائية ، وذلك حتى نتجنبها في رحلاتنـا في عمق الفضـاء . وتجنبها لا يعنـي مجرد الانحراف عنها ، بل الابتعاد أصلا بمسافات شاسعة عنها وذلك لما أوضحناه من شدة قوتها الجذبية .

ان رؤية الثقب الاسود وهو يتكون أمر مستحيل ، الا اذا كان ذا أبعاد فلكية . وحتى لو كان يبلغ حجمه مثل مجرة منهارة تحتوي على مائة بليون نجم ، والتي يمكن أن تختفي في بضعة أيام لتكون ثقبا أسود هائلا ، فلن يمكن رؤيته بالطريقة العادية ـ أي بمشاهدة الضـوء المتألق على منطقتـه الوسـطى ـ بل بواسطة الاشعاعات التي تصدر عن المادة المنهارة الى داخـله في شـكل دوامة . ويجرنا هذا الى التساؤل عما اذا كان الثقب الاسود ، يمكن أن يترك وراءه ، أية قرائن تثبت ما كان عليه من قبل ؟ .

فاذا لم يكن هناك دليل من هذا القبيل ، فان مستقبل السفر في الفضاء خارج المجموعة الشمسية ، يكون محفوفا بالخطر . ويجب أن ندرك ان هناك مصائد منصوبة لنا في الفضاء البعيد في انتظار التهام اي شيء مادي يقترب من حدودها ، اي أفق الحدث .

ولكن الموقف ليس بهذا السوء ، فان الثقب الاسود يترك بصماته مجمدة في منحنى الفضاء Curvature of Space ، خارج افق الحدث أي الحدود مع العالم الخارجي .

وبوسع هذا الثقب الاسود بجاذبيته الجبارة التي تفوق كل تصور ، أن يلوي الفراغ الكوني أو الفضاء ويثنيه من حوله ، وكأنما الفراغ المحيط به يتكور وينحني على نفسه . ونحن لا نستطيع أن نتخيل فراغا ملويا ، أو فضاء منحنيا . ولكن النظرية النسبية العامة لاينشتين تنبأت به وثبت صحته في بعض الظواهر الكونية (وهي ليست مجال هذا الكتاب) . ولكي نستوعب فكرة فضاء منحن ، علينا أن نتصور شعاعا من ضوء وقد غير مساره المستقيم المألوف ، حسب قوانين الفيزياء الارضية ، وانحنى والتوى حول شيء ما .

وهذا الانحناء في الفضاء يمكن التعرف عليه ، بالطريقة التي تتأثر بها مدارات سفن الفضاء ، أو الكويكبات والكواكب ، مثلما يتأثر مسار حجر يلقى به في الهواء وتسقطه جاذبية الارض . ولو أن الارض ازيلت عقب القاء الحجر مباشرة ، لانطلق في خط مستقيم بدلا من أن ينحني بفعل جذبه الى مركز الارض . ويظهر الفضاء غير المضطرب حول الارض ، مقوسا ــ كما هو حول الثقب الاسود ــ وان لم يكن بنفس شدة الانحناء . ولو فرض اننا كنا نتابع مسار سفينة فضاء في عمق الكون ، ولاحظنا أن مسارها قد انحرف فجأة ، فاذا لم يكن هناك اي نجم أو سحابة أو مادة بقربها ، يمكن أن تسبب هذا الانحراف عن طريقها ، وكانت وحدات دفع سفينة الفضاء تعمل كما يجب . فان السبب الوحيد ، الذي يمكن ان نفكر فيه لهذا السلوك الغريب ، هو أن هذه السفينة تتحرك قرب المصيدة الفضائية الرهيبة ... الثقب الاسود .

دوران الثقب الاسود Black Hole Rotation

ان تاريخ نشوء الثقب الاسود من نجم ضخم منهار ، انما هو عبارة عن تقلص داخلي مروع مع تكوين افق الحدث ، فعندما يستهلك النجم وقوده النووي في باطنه ، ينهار على نفسه بسرعة هائلة تبلغ جزءا من الثانية . وعندئذ يسقط داخل افق الحدث الخاص به ، وقبل التقلص الداخلي قد يكون النجم دائرا حول نفسه . وفي مثل هذه الحالة يكون من المتوقع أن يســرع هذا الدوران ، كلما زاد الانهيار ، وهذا يحدث تماما عندما يدور شخص ينزلق على الجليد حول نفسه ، ببطء بذراعين ممدودتين ثم يدور أسرع عندما يضم ذراعيه الى جانب جسمه .

وهذا الدوران يسبب فقدا لنسبة كبيرة من مادة النجم المنهار في الفضاء ، وحتى لو فرضنا ان هناك اية نتوءات في النجم ، فيبدو انها لن تترك اثرا وراءها عندما يتآلف افق الحدث ، وتختفي مادة النجم وراءه .. داخل المجهول .

ان انحناء الفضاء الذي يبدو كبصمة تحقيق الشخصية للثقب الاسود ، هو الذي يعطي له شكلا . فالثقب الاسود ليس له كيان محدد ، ولكن من المحتمل أن نشاهد في انحناء الفضاء المتجمد خارج افق الحدث ، هيكلا معينا ، يظهر بهذا التشوه في الفضاء . اما كل السمات المميزة للنجم ، والتي تفرقه عن اي نجم اخر ، كمجموع عدد النيوترونات والبروتونات والالكترونات أو التركيب الكيميائي ، فكل هذه الصفات تفقد معناها بالنسبة لمشاهد خارجي ، ولا يمكنه أن يتعرف على طبيعة الجسم الذي انهار اصلا .

واختفاء المادة داخل الثقب الاسود ، امر غريب حقا ويناقض بعض القوانين الطبيعية المألوفة والمعروفة فوق الارض . واحد هذه القوانين بالذات جدير بالذكر هنا ، وهو يتعلق باختفاء البروتونات والنيوترونات داخل الثقب الاســود . فالبروتونات والنيوترونات تتجمع عادة معا ، لتكون نواة الذرة . ونحن هنا فوق كوكب الارض

واثقين ، بأن نوى ذراتنا تحفظ نفسها جيدا ضد التحلل . ولكن اذا دخلت هذه الذرات ثقبا اسود ، اصبحت تمتلك طبيعة نووية خاصة (بالنسبة لمشاهد خارج افق الحدث) ، فلا تصبح مادة على الاطلاق اذ تختفي الشحنات وتنهار التراكيب الذرية ، وتتلاشى الفراغات وتتلاحم الجسيمات . وعندئذ علينا ان نستعد لمواجهة فروق كثيرة وجوهرية ، بين عالمنا المألوف وذلك المكان الرهيب حيث يقف الزمن جامدا ، ويتعانق الوجود والعدم .

وكما بينا ، فان أنحناء الفضاء يغير من حركة سفينة الفضاء ، او كوكب يتحرك بالقرب ــ نسبيا ــ من الثقب الاسود . واذا أمكن تتبع مسار هذه السفينة بدقة ، لكان من الممكن معرفة كتلة الثقب الاسود وسرعة دورانه .

* ونخلص من هذا ، ان الثقب الاسود الذي يدور ، يختلف اختلافا كبيرا عن ثقب أسود ثابت لا يتحرك . فأفق الحدث يوجد ايضا في الثقوب السوداء الدوارة ، وان كان في هذه الحالة الاخيرة ، اصغر مساحة من ذلك الذي يتكون في الثقوب السوداء الثابتة ، ويتناسب مقدار صغر افق الحدث طرديا مع سرعة دوران الثقب الاسود .

الثقب الاسود .. وآلة الزمن

قلنا من قبل ، انه اذا انهار النجم الدوار يصبح متجمدا ــ من وجهة نظر المشاهد الخارجي ــ وذلك قبل أن يصل الى أفق الحدث ، والمنطقة التي يبدو أن النجم يحوم فيها الى الابد أطلق عليها اسم الارجوسفير Ergosphere (او منطقة الطاقة) ، وهو المكان الذي يقف فيه الزمن ساكنا ، وهنا تبدو اول لمحة لآلة الزمن Time Machine والتي تنقل الانسان الى المستقبل ، كما تنبأ بها هـ. ج. ويلز كاتب الخيال العلمي المعروف ، في أوائل هذا القرن .

والحياة على حافة الارجوسفير الذي يطلق عليها أسم حد الثبات Stationary Limit وهي منطقة ليس فيها شيء من الاخطار المتعلقة بحافة أفق الحدث ، ولكن مع هذا لها كل الصفات الخاصة بالسيطرة على الزمن . واذا كان النجم المنهار هائل الحجم، فان البعد بين أجزاء الارجوسفير وافق الحدث ، قد يصبح كبيرا جدا ومن ثم يكون خطر السقوط الى أفق الحدث أقل ما يمكن .

ان الارجوسفير ــ لثقب أسود يدور بسرعة كبيرة ــ هو المكان الذي يمكنك البقاء فيه ، اذا اردت ان تسافر الى المستقبل اي أن هذا المكان هو آلة الزمن ، التي تخيلها ادباء الخيال العلمي في قصصهم . ومن الطبيعي أنه كلما طالت المدة المطلوب السفر اليها في المستقبل ، كلما دعت الضرورة الى وجوب الاقتراب من داخل الارجوسفير . وهكذا ستزداد صعوبة العودة الى العالم الخارجي ، ذى الجاذبية المنخفضة بالنسبة لتيارات الجاذبية الهائلة للثقوب السوداء .

دراسة المجرات البيضاوية

والان لنعد الى طرق البحث عن الثقوب السوداء ، ان طريقتي التعرف اللتين ناقشناهما من قبل ، وهما مشاهدة النجم يخبو ثم ينطفيء عندما ينهار في ثقب أسود ، أو ملاحظة كيف تنحرف سفينة فضاء بسبب مادة مكدسة سوداء لا يمكن مشاهدتها ، انما هما طريقتان غير عمليتين . اذ أن كلا منهما تحتاج الى ان يكون الراصد، فطنا صادق الفراسة فيما يتعلق بمكان تكون الثقوب السوداء في الفضاء ومتى يبحث عنها ، وهو امر عسير ، ومن ثم يجب أن نبحث عن علامات أكثر وضوحا في عمق الكون . واوضح ما يمكن أن نبحث عنه هو تلك التأثيرات المحتملة التي قد تكون للثقوب السوداء ، الموزعة في أرجاء الفضاء ، على النجوم التي تحيط بها وتجعلها تتحرك بطريقة غامضة في داخل المجرات المختلفة . وقد شوهدت

هذه الظاهرة بصفة خاصة فيالمجرات بيضاوية الشكل Elliptical كما لوحظ وجود مادة غير مرئية في تلك المجرات ، لانها خالية من سحب الغاز او الغبار الكوني .

وهذا يثير سؤالا هاما : ما عسى ان تكون تلك المادة الخفية في المجرات البيضاوية ، والتي تمثل حوالي ٩٨٪ من مادتها ؟ لعل من الطبيعي أن نفترض أنها ثقوب سوداء ، غير ظاهرة لنا الا فيما يختص بالتأثير على النجوم المرئية المجاورة لها ، وبخاصة وان المجرة البيضاوية تتميز باحتوائها على النجوم المتقدمة في العمر اي التي بلغت مرحلة الشيخوخة . ومن المحتمل ان يكون هناك الكثير من المادة المكدسة والمنهارة فيمراكز المجرات البيضاوية ، نتج عن تجمع الغاز الذي تطلقه النجوم الدوارة ويتجه الى مراكز هذه المجرات ، ولا توجد شواهد ثابتة على وجود مناطق سوداء بصفة خاصة في مراكز المجرات البيضاوية . وان كانت هناك بعض الحالات التي تسترعي الانتباه ، لمجرات بيضاوية عملاقة تجري فيها حوادث كونية غريبة . ان المجرة البيضاوية الاكثر تألقا تقع في مجموعة كوكبة العذراء Virgo ويطلق عليها اسم المجرة م ٨٧ M 87، وهي مصدر هام للاشعة السينية والنبضات الراديوية . وقد قال بعض علماء الفلك أن الاشعة السينية تنبعث من الغازات الساخنة ، التي تطلقها النجوم وهي تنهار في مركز هذه المجرة . واذا كان الامر كذلك ، فان المجرة م ٨٧ تكون في طريقها للانتحار . وثمة امر هام وهو ان مجموعة كوكبة العذراء تحتوي على ٧٣ مجرة فيها من المادة غير المرئية اكثر ٥٠ مرة من المادة التي يمكن مشاهدتها .

وهنا نواجه بمشكلة اكثر خطورة ، طالما ان المادة الخفية قد يمكن اعتبارها مجرات منهارة ، اي اننا لا نجد فقط ان معظم مادة المجرات قد تكون ثقوبا سوداء ، بل ان هذه المجرات باكملها ثقوب سوداء هائلة .

المادة الخفية .. هل هي ثقوب سوداء ؟

لعل التأييد القوي للرأي القائل بأن المادة غير المرئية هي فعلا ثقوب سوداء ، يأتي من تحليل دقيق لمدى وفرة العناصر الثقيلة في النجوم التي دخلت مرحلة الشيخوخة ، وبخاصة تلك النجوم التي تبعد عن مستوى مجرتنا ، اذ انها تحتوي على نسب مذهلة من العناصر الاثقل من الحديد . والطريقة الوحيدة التي تكون هذه النجوم قد اكتسبت بها هذه العناصر ، تتمثل في تطور العناصر داخل النجم أثناء عملية الاندماج النووي : ففي المراحل الاولى من تطور النجم يكون تكون الهليوم ، اسرع عند المركز .. لان درجة حرارة المادة وكثافتها تصلان الى نهايتهما العظمى هنـــاك ، وكلما زادت درجة الحرارة والكثافة كلما تسارعت التفاعلات النووية . وهكذا يتحول الهيدروجين في المناطق المركزية الى هليوم . فتتكون للنجم نواة من الهليوم الخالص تقريبا ، ثم تصبح طاقة الجاذبية الناتجة من ازدياد الهليوم في النواة كافية لتسخينها الى الدرجة التي تبدأ عندها تفاعلات اندماج الهليوم (حوالي ١٠٠ مليون درجة مئوية) .

ونتيجة لاندماج الهليوم يتكون الاوكسجين والنيون ، وعندما تتزايد كتلة نواة النجم من الاوكسجين والنيون وتقترب من حد شاندراسيكار ، فانه يحدث تقلص ملحوظ في النجم طالما لا يوجد بالنواة انحلال يحفظ توازن الضغط .. واذ يأخذ النجم في الانكماش ببطء خلال ملايين السنين ، فان درجة حرارة باطنه ترتفع باطراد حتى تصل الى حوالي ٦٠٠ مليون درجة ، فيندمج النيون ويتحول الى مغنسيوم وعندما ينفذ النيون من أجزاء النجم الداخلية ، يبدأ تفاعل الاوكسجين وتحوله الى السليكون وبعض العناصر الاخرى مثل الكبريت والفوسفور .

وعندما تنتهي عملية اندماج الاوكسجين وتحوله ، تبدأ مرحلة أخرى من التقلص ينتج عنها ارتفاع جديد في درجة الحرارة (حوالي ٢٠٠٠ مليون درجة) .. وبالرغم من ارتفاع درجة الحرارة الى هذا

الحد الهائل ، تستمر عملية الاندماج النووي في العناصر فتتجمع في نوى اثقل وتتحول الى مجموعة أخرى من العناصر الثقيلة ، منها النيكل والنحاس والحديد والقصدير ، واكثر هذه النوى وفرة بدرجة كبيرة .. هي نوى الحديد . وأخيرا عندما يتم التحويل الى مجموعة الحديد ، فان التركيب الكيميائي للنجم يصبح غاية في التعقيد ، ونستطيع أن نميز سبع مناطق .. وليس من المتوقع ان تكون العناصر الثقيلة قد وجدت بأية كمية ، في الازمنة السحيقة من عمر الكون . أي عندما كان الكون يافعا ، لان هذه العناصر الثقيلة انما تنتج في مراحل متاخرة من عملية الاندماج النووي في النجوم . وبمرور ملايين السنين يتالف المزيد من العناصر الثقيلة ، وبذا يقترب النجم من نهاية حياته التي اوضحنا انها تختلف نتيجتها ، تبعا لحجم النجم .

وبعض هذه النجوم الهائلة يكون من الضخامة ، بحيث انها تجد صعوبة في تفادي المصير المحتوم لأي جسم في الفضاء ، اذا بلغ حجما معينا (حد شاندراسيكار) ، وهو أن تنهار وتتحول الى ثقوب سوداء .

اسرار الاشعاع التجاذبي

تدل الدراسات الفلكية التي اجريت حول المفاهيم متقدمة الذكر ، بأن نحو ٩٠٪ من نجوم الكون ، هي من النوع الذي يمكن ان يكون في نهاية حياته ثقوبا سوداء . مع العلم بأن معظم المادة غير المرئية في المجرات او مجموعات المجرات ، قد تكون على شكل سحب غاز أو غبار كوني او نجوم صغيرة معتمة ، وهذا يجعل عدد الثقوب السوداء التي تتكون في المستقبل كبيرا ، مما يبعث على القلق الشديد .. ولكن هذا الامر المزعج لا ينطبق على مجرتنا ، طالما ان مقدار المادة غير المرئية التي يمكن ان تتخلل نجومها لا تتعدى نسبة عشرة في المائة ، كما دلت على ذلك الدراسات الفلكية . وهذا يتفق تماما مع تقدير ان سبعة نجوم ، تولد كل عام من كتلة اكبر من القيمة

الحرجة للانهيار (حد شاندراسيكار) . وحتى اذا كانت هـذه النجوم السبعة ، التي ولدت ، لا تفقد من الكتلة خلال حياتهـا ما يمنعها من ان تتحول الى ثقوب سوداء ، فهي ما زالت نسبة ضئيلة لا تمثل اية خطورة على مجرتنا .

اننا حتى الان لم نستخدم الا الادلة غير المباشرة ، فهل من الممكن أن نفكر في طريقة نرى بها ثقبا اسود في طريق التكوين ؟ يجب علينا ان نستخدم وسائل علمية مختلفة ، غير النظر الى الثقوب السوداء مباشرة ، طالما أن الثقب الاسود يومض وينطفىء بسرعة هائلة (جزء من الثانية) ، وهذا لا يمكن للعين البشرية أن تلحظه . وهنا نتساءل اي نوع من الاشعاع يمكن أن يصدر من هذا الطوفان الكوني ، والذي يمثل لحظة ميلاد ثقب أسود ؟ . نحن نعلم انه عندما ينفجر نجم في استعار شديد (سوبرنوفا) ، يطلق قدرا هائلا من الضوء المرئي ، ولكن اي نوع من الاشعاع يمكن أن يطلق بكميات كبيرة ، في حالة نجم ضخم ينهار ؟ .

لكي نجيب على هذا السؤال ، علينا ان نفكر كيف نستطيع تحمل الحياة فوق كوكب الارض ولو تم تدمير الشمس فجاة . واذا غضضنا النظر عن مشكلة برودة الارض السريعة الخاطفة ، فاننا سنلاحظ انها ستتوقف عن الدوران في مدار بيضاوي حول الشمس ، كما كانت تفعل لملايين السنين ، وانها تاخذ في الانطلاق في خط مستقيم (بعد زوال جاذبية الشمس) . ونحن لا نتوقع أن يحدث كل هذا مباشرة ، ولكنه سيحدث في نفس الوقت الذي تختفي فيه الشمس عن بصرنا . وبمعنى اخر ، اننا سنظل ندور في المدار حول الشمس نحو ثماني دقائق ، بعد أن تكون قد دمرت تماما ، وهذا هو الوقت الذي يستغرقه وصول اخر قدر من جاذبية الشمس للارض ، ونستطيع ان نعتبر هذا الامداد للجاذبية نوعا من الاشعاع في حد ذاته ، وهو ما يمكن أن نطلق عليه الاشعاع التجاذبي Gravitational Radiation .

ان الاشعاع الذي نسميه بالضوء ، قد لوحظ منذ ان اكتسبت المخلوقات قدرة على الرؤية ، ولكن ما من احد امكنه ان يكتشف ان الاشعاع التجاذبي له قيمة في بقاء المخلوقات على قيد الحياة فوق كوكب الارض ، ذلك ان الموجود منها قليل جدا ، كما ان التغيير فيه طفيف وبطيء جدا ، لا يؤثر بشكل واضح على كوكب الارض . ولكن بالنسبة للاجرام الفضائية كبيرة الحجم ، تصبح قوة الجاذبية بينها مؤثرة بشكل كبير ، ولكي ندرس الاشعاع التجاذبي بينها ، نحتاج اما الى جهاز رصد هائل يكون في حجم الكرة الارضية ، أو مكثف حساس للغاية يصمم خصيصا لهذا الغرض ، ومن ناحية اخرى يجب الا نتوقع ان نبحث الا عن اشعاع تجاذبي بين الاجرام الفضائية كبيرة الحجم جدا . وهنا نعود الى سؤالنا عن نوع الاشعاع الذي يصدر من نجم منهار ، مع العلم ان حدوث كارثة لنجم ضخم تجعله ينهار ويكون ثقبا اسود ، وهذا هو التغيير العنيف الذي قد يصدر نبضات كثيفة من الاشعاع التجاذبي .

وحيث اننا لا نستطيع ان نحدد مكان هذه النبضات بدقة ، اذن فالشيء الوحيد الذي يمكن ان نفعله هو ان نقيم جهازا حساسا الى أقصى درجة ممكنة ، مع امكان توجيهه الى مختلف الاتجاهات . وعلينا بعد هذا ان ندير الجهاز يحدونا الامل ، وهذا ما فعله تماما العالم الفلكي جوزيف ويبر بجامعة مريلاند في عام ١٩٦٩ ، وكانت نتائج التجارب التي حصل عليها .. مذهلة . استخدم ويبر اسطوانة كبيرة مصنوعة من الالومنيوم ، ومعلقة باسلاك في الهواء ويمتليء سطحها ببلورات الكوارتز ، ويبلغ طول كل اسطوانة مترا ونصف وعرضها مترا ، وكان هذا الجهاز مصمما بحيث تتأثر اسطوانته باضعف الموجات القادمة من الفضاء .

وهذه الذبذبات هي المطلوب الكشف عنها ، وكان الجهاز من الحساسية بحيث ان ازاحة جزء صغير جدا يبلغ واحدا على الف من القطر النووي ، يمكن قياسه .

وبسبب تلك الحساسية الفائقة لجهاز الرصد ، فقد امكنه التقاط جميع الذبذبات التي تنتشر في الكون ، وقد سبب هذا تشويشا لموجات الاشعاع التجاذبي التي يهتم العالم الفلكي ويبر بتسجيلها . ولذا فقد اقام جهازا اخرا ، على بعد نحو الف كيلو متر من الجهاز الاول بالقرب من شيكاغو بالولايات المتحدة ، وكانت الذبذبات التي تكتشف في نفس الوقت بواسطة الجهازين المستقلين ، تدل على انها ناشئة من مصدر اشعاع تجاذبي واحد ، من أعماق الكون . واعلن ويبر في عام ١٩٦٩ ، أنه قد لاحظ عدة مئات من الاضطرابات الاشعاعية على مدى بضعة شهور لا يمكن تفسيرها بأنها تموجات طارئة ، واتضح له ايضا ان هذه الاشارات كانت اكثر ما تكون عندما يوجه الجهازان الى مركز مجرتنا . لقد كانت اهم سمة مثيرة للاشعاع التجاذبي القادم الينا من مركز المجرة ، هو انه كان يحتوي على نبض قصير مدة الواحد منه اقل من نصف ثانية ، وذلك مرة كل اربعة ايام ، وتلتقط في ذبذبة نحو ١٦٠٠ سيكل في الثانية . وهذه النبضة القصيرة جدا لهذا الاشعاع في مثل هذه الذبذبة ، تشير الى انه لا بد وان يحتوي المصدر على مقدار هائل من الطاقة .

وبقي أمام علماء الفلك مشكلة تتعلق بتحديد المكان ، الذي صدر منه هذا الاشعاع التجاذبي ، ولن يكون شرحا مقنعا ، اذا ارجع الانهيار الكلي لنجم يكون قد تعرض لانفجار سوبرنوفا ، لان ذلك يحدث كل حوالي مائة عام ، بينما لاحظ العالم ويبر أن الاشعاع يأتي مرة كل اربعة ايام . وهذه المشكلة قد حيرت علماء الفلك كثيرا ــ حتى الوقت الحاضر ــ لدرجة ان بعضهم ، كان على استعداد لان ينبذ نظرية الجاذبية الهندسية المألوفة . على ان تجربة ويبر لم يحققها بعد علماء اخرون ، ولذلك يجب النظر اليها بشيء من الحذر ، خاصة وان استخدام كوكب الارض كقاعدة لمرصد حساس ، قد يقلل من شأنها ذلك المقدار الكبير من الضوضاء

والتشويش الذي تحتويه . ولتلافي هذا الامر ، تم تركيب مرصد حساس جديد على سطح القمر لدراسة الاشعاع التجاذبي القادم من اعماق الفضاء ، ولكن لم يتم تحليل النتائج حتى الان .

هل هناك ثقب اسود في مجرتنا ؟

قال بعض علماء الفلك حديثا ، ان الاشعاع التجاذبي مصدره تلك النجوم التي أصابتها الشيخوخة ، وتقع قرب مركز مجرتنا ، اذ انها تقع في ثقب أسود هائل سريع الدوران الى ابعد حد ، وهو يؤلف الجزء المركزي لمجرتنا . وكتلة هذا الثقب الاسود المروع ، ربما تكون قدر شمسنا مائة مليون مرة ، كما انه يلتهم النجوم التي تدور بالقرب من أفق حدثه ، بمعدل يبلغ حوالي ٣٠ كتلة شمسية كل عام .

والفرق المفترض بين مقدار الطاقة المشعة من مستوى المجرة، وتلك الصادرة في الاتجاهات الاخرى ، يسببها دوران هذا الثقب الاسود الهائل . لانه اذا كان الاشعاع التجاذبي بنفس السرعة والقوة في كافة الاتجاهات ، فان نتائج ويبر تؤدي الى مجموع من الخسارة داخل الثقب الاسود تبلغ حوالي ألف كتلة شمسية تقريبا كل عام . وعلى مدار بليون سنة (وهي نحو عشر عمر مجرتنا) ، كانت مثل هذه الخسارة كفيلة بأن تحدث اضطرابات في مجرتنا ، يمكن ملاحظتها في وقتنا الحاضر .

وهذا لا ينفي احتمال وجود هذا الثقب الاسود الهائل في مركز مجرتنا ، وانه يدور بسرعة كبيرة جدا مسببا هذا الاشعاع التجاذبي . ولكن هل يسبب هذا الثقب الاسود اية اضطرابات في مجرتنا ؟ .

هناك ادلة مؤكدة بان احداثا عنيفة تجري في مركز مجرتنا ، فمثلا هناك تركيب في شكل ذراع هائل ، يتالف غالبا من الهيدروجين ويبعد نحو تسع سنوات ضوئية من المركز ، يمكن ان يشاهد مقبلا

نحو الكرة الارضية بسرعة تبلغ حوالي ٥٠ كيلو متر في الساعة . وهذه الحركة يمكن معرفتها بالتغيير الذي تحدثه في طول الموجات الراديوية التي يطلقها الهيدروجين (وخاصة التي يبلغ طولها ٢١ سنتيمتر) ، وهذا وغيره من الاضطرابات في النبضات الراديوية ، تؤيد الاقتراح القائل بأن مركز مجرتنا مليء بالنشاط وأيضا يحتوي ثقبا اسود هائلا .

المركز المجـرد Naked Singularity

بالرغم من ان فكرة وجود ثقب أسود في مركز مجرتنا ، قد يفسر بعض الظواهر الكونية كالاشعاعات تحت الحمراء (التي تعطى الطاقة الحرارية للغاز والغبار الكوني) ، وايضا الاشعاع التجاذبي الذي اكتشفه ويبر . الا ان هذه الظواهر يمكن ايجاد تفسير اخر لها ، مما يلقى ظلالا من الشك على نظرية ويبر ، اذن فنحن غير واثقين تماما من وجود هذا الثقب الاسود في مركز المجرة .

اما فكرة ان تتحول مجرة باكملها الى ثقب اسود ، فقد تبدو لاول وهلة غير معقولة ، ولكنها في واقع الامر ممكنة الحدوث . اذ أن هناك كميات هائلة من المادة غير المرئية بين مجموعات المجرات ، فلو كانت الجاذبية التي تشد مجموعة المجرات الى بعضها ، غير كافية ، لانفرط عقدها . ومن رصد حشود عديدة من المجرات ، اتضح انها لا تنتظم في مجموعة الا اذا كانت تحتوي على مادة اكثر مما يمكن رؤيته فعلا .

والمادة غير المرئية بين المجرات قد تكون على شكل غاز او غبار كوني ، أو مجرات خافتة الضوء . ولكن هناك احتمال أيضا وقد تكون هذه المادة الخفية مكونة من عدد من الثقوب السوداء . وقد يكون في الكون مادة غير مرئية ، اكثر من المادة التي يمكن رؤيتها ومن ثم لا يمكن لعلماء الفلك أن يحددوا بدقة متوسط كثافة المادة في الكون بشكل عام .

لقد اعتبرت الثقوب السوداء هي المسؤولة عن اي مصدر طاقة غامض في الكون كالكوازرات ، وتساءل العلماء هل الثقوب السوداء هي التي تمد الكوازرات بالطاقة ؟ . لكي نجيب على هذا السؤال ، دعنا نفترض ان هناك ثقبا أسود هائل يدور ، ويبعث حتى ٤٣٪ من طاقة المواد التي تسقط في داخله ، وهذه الطاقة الجبارة يمكن تغذيتها بابتلاع كتلة شمسية واحدة كل عام ، وهذه الوجبة تعتبر قليلة جدا لتفسير طاقة الكوازرات . وهناك جانب اخر للثقوب السوداء ـ لم نناقشه حتى الان ـ وهو امكان وجود مركز مجرد .

لقد بينا من قبل ان أفق الحدث يتكون ، عندما يتقلص النجم في حدود نصف قطره التجاذبي (نصف قطر شفارزشايلد) ، ولن تتمكن أية اشارات ـ أيا كان نوعها ـ من الخروج الى الفضاء الخارجي ، ومن ثم لن نتمكن مطلقا من رؤية التقلص المستمر للمادة في مركز الثقب الاسود .

وبمعنى اخر ، فان مركز الثقب الاسود يكون دائما مغطى بأفق الحدث ، ولهذا ستصبح الاحداث التي تجري فيه مجهولة لانه لا يمكن رصدها . وافق الحدث يتكون فوق مركز الثقب الاسود في معظم حالات تكون ثقوب سوداء ، وبخاصة تلك التي يكون أصلها نجوما متماثلة متقلصة Symmetrical Collapsars . ولكن من المشكوك فيه ، أن تقلص مواد مبعثرة أو غير متماثلة قد يؤدي الى تكوين أفق حدث للثقب الاسود . وبالتأكيد ، فاننا اذا تصورنا كتلة كبيرة تدور بسرعة هائلة لتكون ثقبا أسود عاديا ، فان مركزه سيتكون بشكل حلقي بدلا من خط رفيع يمتد عبر الثقب الاسود . وفي مستوى هذه الحلقة ، لن يكون هناك أفق حدث ومن ثم يمكن رؤية مركز الثقب الاسود .

ويقال دائما ان اكتشاف مركز مجرد (أو عاري) ـ اي دون أفق حدث يخفيه عن العيون ـ سيكون كارثة لعلم الفيزياء ، ذلك

ان قوانينها لن تستطيع ان تفسر هذه الظاهرة . واذا تكونت هذه المراكز المجردة ، فانها ولا شك ، ستمثل موضوع بحث هام لعلماء الفلك .

وهناك بعض المراكز — حيث يندمج الزمن والمكان — يمكن ان تعمل عكس الثقوب السوداء ، فبدلا من ان تسحق فيها المادة وتختفي عن الوجود ، يتم بعثها من جديد . وهذه المراكز يطلق عليها اسم الثقوب البيضاء White Holes . وليس في النظرية النسبية العامة لاينشتين ما ينفي وجود نقيض للثقوب السوداء ، فاذن احتمال وجود الثقوب البيضاء هو احتمال قائم . وهي مركز يندمج فيها المكان والزمن ، كما تطلق اشعة تجاذبية ومواد قد يتكون منها غاز كوني ونجوم جديدة .

ولكن ليس هناك — حتى الوقت الحاضر — دليل على وجود هذه الثقوب البيضاء ، برغم أن بعض علماء الفلك قد افترضوا وجودها كمنبع للطاقة الجبارة للكوازرات ، واخذوا يقيمون النماذج الرياضية Models لشرح كيفية عملها .

ومع هذا ، فهناك ثمة شيء غامض في بعض المجرات التي يطلق عليها اسم المجرات المتفجرة Exploding Galaxies ، التي تصدر نبضات راديوية قوية ، والتي توحي لعلماء الفلك بأنها تنفث المادة خارجها الى الكون ، ومن ثم فقد رجح العلماء وجود عدد من الثقوب البيضاء داخلها . واذا تقدمنا خطوة الى الامام في مناقشتنا ، آخذين في اعتبارنا أن الثقوب السوداء هي مناطق تختفي فيها المادة من الوجود ، نجد أنها فكرة رائعة أن تكون هناك ثقوب بيضاء أيضا ، تعيد تدفق المادة مرة اخرى الى الكون ومن ثم يطلق عليها في بعض الاحيان اسم المتدفقات الكونية Cosmic Gushers .

* وهنا قد يثار سؤال : من اين جاءت المادة التي تتدفق من الثقب الابيض ؟ .

يمكن الاجابة على هذا السؤال ، اذا اخذنا في اعتبارنا احتمالين :

* اما ان المادة تختفي من الوجود في الثقوب السوداء ، ثم تظهر مرة أخرى بالكون (وهناك نماذج رياضية تؤكد امكان حدوث هذا الامر) .

* أو أن هناك كونا اخر غير كوننا ، ومن ثم تختفي المادة في الثقوب السوداء بكوننا ، وتتدفق مرة ثانية في كون أخر ، والعكس أيضا يمكن حدوثه ، اي أن المادة التي تختفي في الكون الاخر ، تتدفق في كوننا . لقد وصلنا في بحثنا الى عمق كبير ، ولكن هذه الافكار التي بنيناها من قبل عن الثقوب السوداء والبيضاء ، هي التي تؤدي الى الاجابة عن بعض الاسئلة الغامضة التي ما زالت تواجه علماء الكون Cosmologists ، مثل ما هي طبيعة الكون وكيف خلق وما هو مستقبله ؟ .

آفاق جديدة للثقوب السوداء

ان فكرة الثقوب السوداء تمهد لآفاق جديدة للمستقبل ، وسنناقش هنا بعض هذه الافكار التي يفترضها علماء الفلك .

مخاطر السفر في الفضاء

ان السفر بين النجوم والى الاطراف البعيدة لمجرتنا ، أمر سيتم في المستقبل البعيد . وفي هذا المجال يقال دائما أن الثقوب السوداء ستمثل خطورة على المسافرين بين النجوم ، ومن الواضح أنها كارثة محققة اذا صادف أحد رواد الفضاء ثقبا أسود ، ففي لمح البصر سيتم التهام السفينة بمن فيها ، وسحقها واخفاءها عن الوجود .

ان الثقوب السوداء في النظام النجمي الثنائي لا تمثل أي مشكلة لعلماء الفلك ، ذلك أنه يمكن تتبعها عن طريق الاثر التي

تحدثه على النجم المرئي . لكن لن يتمكن رواد الفضاء من رؤية الثقب الاسود المنفرد ، الا اذا كان محاطا بسحابة المواد التي تندفع الى داخله على شكل دوامة ، ومن ثم فالثقوب السوداء تمثل خطرا داهما على رواد الفضاء المسافرين بين النجوم ، لانه في معظم الاحيان لا يمكن رؤيتها .

ولكن اذا تذكرنا تلك المساحات الخالية الشاسعة من الفضاء ، لقدرنا ان احتمال اصطدام رائد فضاء بنجم عادي هي مسالة نادرة للغاية . وكما بينا فان الثقوب السوداء تتكون فقط من النجوم الضخمة ، وانها عندما تتكون يكون حجمها صغيرا جدا بالمقارنة بحجم النجم الاصلي ، وعلى ذلك فاحتمال الوقوع في براثن ثقب اسود ، هو امر نادر جدا ايضا ولكنه وارد .

مصادر الطاقة

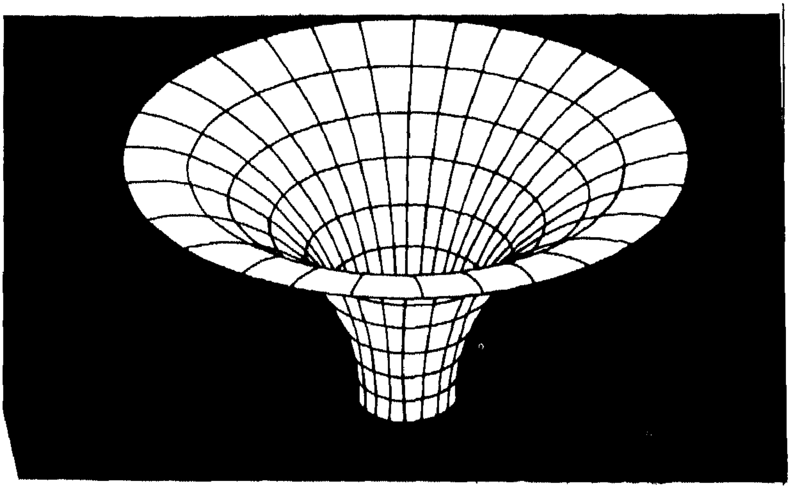
لقد بينا في هذا الفصل ، ان كميات كبيرة من الطاقة ، على شكل موجات تجاذبية يمكن ان تصدر عن الثقوب السوداء ، بفعل المادة التي تندفع من خلال افق الحدث على شكل دوامة . لهذا فقد تنبأ علماء الفلك بانه في المستقبل ـ حيث أن التكنولوجيا المتقدمة ستحتاج الى مصادر طاقة جديدة ـ يمكن اعتبار الثقوب السوداء مصدرا هائلا للطاقة . وقال العلماء بانه يمكن عمل مجالات حول النجوم لتركيز الاشعاع التجاذبي الصادر من الثقوب السوداء والقيام بعكسه الى الارض . كما فكر علماء اخرين بانه يمكن بناء اطار مكعب حول الثقب الاسود ، سرعان ما يدور بفعل تاثير جاذبية الثقب الاسود ، وهذا يؤدي الى وجود اشعاع تجاذبي يمكن استغلاله كمصدر للطاقة .

وقد اقترح العالم روجر بروس طريقة اخرى ، لاستخراج الطاقة من الثقوب السوداء الدوارة ، بان ندلي ثقلا في الارجوسفير (منطقة الطاقة) وهي التي تحيط بافق الحدث وتمثل حقلا للاشعاع التجاذبي .

الثقب الاسود .. سلاح رهيب

فكر بعض العلماء في استخدام الثقب الاسود كسلاح ، وقالوا بأنه يمكن أن يستعمل كقنبلة هائلة التدمير . فنظرية النسبية تقول بأن العلاقة بين الطاقة والكتلة ، هي أن الطاقة تساوي الكتلة مضروبة في مربع سرعة الضوء ، وهذه هي نتيجة لتحليل رائع لطبيعة الزمن والفضاء ، كما أنها تمدنا بالسبب الرئيسي في تفاعلات القنابل الذرية والهيدروجينية واسباب اشعاع الشمس والنجوم .

وعلى غرار هذه العلاقة بين الطاقة والكتلة ، قال عالمان (برس وتيوكلوسكي) من المعهد التكنولوجي بكاليفورنيا ، بامكان استخدام الثقب الاسود كقنبلة ، ففي ظروف معينة يمكن تضخيم قوة الموجات الراديوية الطويلة بارتدادها من الثقوب السوداء . وهذه الزيادة في القوة يمكن أن تبلغ حدا معينا ، ولكن اذا احيط الثقب الاسود بمجموعة من المرايا الخاصة القادرة على عكس أكثر من حوالي ٩٩٫٨٪ من الاشعاع الساقط عليها ، فان موجات هذه الاشعاعات يمكن أن تضخم عدة مرات بارتدادها من الثقب الاسود ، وفي كل مرة تزداد قوة حتى يصل الامر الى انفجار المرايا المحيطة بالثقب بشكل مروع ..



(شكل ـ ٤٨) الثقب الاسود مصيدة فضائية



(شكل ـ ٤٩) قطاع في ثقب اسود دوار

٥
الثقوب البيضاء

الثقب الاسود .. والزمن

ان افق الحدث للثقب الاسود هو حقا حدود المجهول ، وخارجه يبدو العالم الطبيعي الذي نعرفه فيزيائيا ، ولكن ما ان يدخل شخص ما افق الحدث حتى يستحيل عليه الاتصال بالخارج، وحتى لو أوتيت الشجاعة بعض علماء الفضاء وغامروا بالدخول الى الثقب الاسود ، فنحن الذين في الخارج لن نستطيع ابدا ان نعرف ماذا وجدوا في الداخل ، ومن ثم لا نستطيع ان نناقش ما عسى ان يكون قد حدث لهم .

ولكن على اي حال ، فان ما قيل حتى الان عن النجوم المنهارة، انما اساسها نظريات نعرف أنها تصدق على اماكن كثيرة في الفضاء ، ولكننا لم نستطع ان نجري اختبارا مباشرا عليها . وبنفس هذا الاسلوب ، يمكننا أن نتخيل اختبارا مباشرا عليها . وبنفس هذا داخل افق الحدث الى عمق الثقب الاسود ، بتطبيق نظرياتنا تلك على هذا الموقف .

ولا نستطيع التحقق من أن افكارنا ستكون صحيحة ، في هذا المكان الغريب الغامض ، ولكنها على الاقل ستعطينا مؤشرا مبدئيا عما نتوقع حدوثه داخل الثقب الاسود . واول ما ندركه عندما نهبط في افق الحدث ، هو ان الثقب الاسود الذي نقصده قد اختفى ، وهذا يرجع الى ان الضوء الذي يصدر عنه يكون قد توقف أو كاد .

وفي هذا الموقف قد لا ندرك اننا قد وقعنا فعلا ، داخل المصيدة الفضائية وحيدة الاتجاه ، ذلك انها اصبحت غير مرئية لنا . ولكن ما ان نتجاوز افق الحدث حتى نجد في مركز الثقب الاسود ، عالما مقلوبا رأسا على عقب ، عالما من أغرب ما نتخيل ففيه يندمج الزمن مع المكان . ففي عالمنا العادي المألوف ، يمكننا أن نتحرك بحرية وفي اي اتجاه في الفضاء ، بشرط أن تتوفر لنا الطاقة . اما الزمن فهو يسير دائما في اتجاه واحد ، وبرغم أنه يبطؤ بالقرب من سطح افق الحدث الا انه يسير ابدا الى الامام . وهذا ينقلب تماما داخل أفق الحدث ، فهناك لا يكون لنا سيطرة على الاطلاق ، على رحلتنا ، فنحن ننجذب بشكل هائل ودائم صوب مركز الثقب الاسود . ولا تستطيع أية قوة يمكن تخيلها ان تمنعنا من أن ننجذب اعمق فأعمق ، الى المصير المحتوم في مركز الثقب الاسود .

واذا امكن تحرير الزمن من العوامل التي تتسبب في ابطائه بالقرب من افق الحدث ، لتمكنا من ان نجعل رحلتنا الى مركز الثقب الاسود تدوم كما نريد ، ولكن كلا منا يجعل معه زمنه الخاص وهو الذي يقاس بساعة دقيقة ، وهي تتغير حتما بقربها من أفق الحدث لثقب أسود . فالثانية في هذا المكان ، تعادل ملايين الثواني لمشاهد بعيد .

ونستطيع ان ندرك لم يبطيء الزمن قرب الثقب الاسود ، اذا تأملنا ما يحدث للضوء عندما يحاول أن يهرب من فوق افق الحدث. نعرف ان الضوء له طاقة ، ومن ثم تؤثر عليه قوى الجاذبية كما يشاهد مثلا عندما ينحني شعاع من الضوء حول جرم فضائي في طريقه ، ولكي يهرب الضوء من سطح الثقب الاسود ، عليه أن يبذل جهدا ليتغلب على قوة الجاذبية الهائلة التي يتعرض لها ، والتي تشده الى أفق الحدث الغامض .

وعندما يتمكن الضوء اخيرا من الهروب من سطح الثقب الاسود ، يكون قد فقد الكثير من طاقته السابقة ، وحيث ان طاقة

الضوء تتناسب مع ذبذبته اذن فان الضوء الذي يصل اخيرا الى الخارج ، تكون ذبذبته منخفضة جدا . ولو فرضنا ان كل وحدة ذبذبة من هذا الضوء (منخفض الطاقة) ، قد استخدمت في تسيير آلات ساعة ، لوضح لنا أن نسبة مرور هذا الزمن سيكون اكثر بطءا من ذلك الذي تحسبه ساعة مشابهة ، ولكنها تستخدم ضوءا من مصدر عادي بحيث تبقى قوة ذبذبة الضوء كما هي .

وحيث ان الضوء لا يمكنه ان يهرب ابدا من داخل افـق الحدث ، اذن سيكون من الصعب نسبة الزمن داخله الى الزمن الخارجي ، برغم أنه يمكن حساب الزمن الذي يستغرقه جسم ما وهو يندفع هابطا الى مركز الثقب الاسود . وحسابنا لزمن الهبوط يعتمد على حجم الثقب الاسود ، فكلما كبر الحجم طال زمـن الهبوط ، ومن ثم فاذا كنا سنسقط في ثقب اسود ، فلا شك اننا سنندفع الى مركزه بعد انقضاء فترة معينة ـ طالت او قصرت ـ من الزمن ، مهما حاولنا أن نهرب من هذا المصير المحتوم .

* وهنا يثار سؤال هام : الا توجد قوة ما تمكننا من الهروب من الثقب الاسود ؟ . ان اية قوة كهذه تحاول ان تمنع مزيدا من الانهيار ، يجب أن تشتمل على طاقة حتى تحدث تأثيرا قويا . ومصدر هذه الطاقة سيفعل هو نفسه ـ كما لو كان له كتلة ـ ولكن سيكون هناك أيضا جاذبية لهذه الكتلة ، وهذا يعجل بالانهيار ، وكلما كبر حجم الطاقة التي تحاول منع الانهيار زادت قوة الجاذبية. وهذا يحدث مزيدا من الضغط ، ومن ثم لن يمكن أبدا الهرب من قوة هذا التاثير والانهيار الى مركز الثقب الاسود ، اذ أن هـذا سيحدث قطعا مهما حاول الانسان ان يتفاداه .

وفي داخل الثقب الاسود ، لا يمكن ابدا تفادي الفناء التام ولا حتى تأجيله الى ما بعد فترة من الزمن ، لان الوقت الذي يستغرقه السقوط الى المركز في داخل الثقب الاسود صغير ـ اكبر قليلا من ضعف كتلة الشمس ـ يبلغ حوالي واحد على مليون من الثانية

الواحدة . وعند مراقبة ثقب اسود اكبر حجما بكثير من هذا الثقب الصغير ، يمكن تسجيل وقت جدير بالملاحظة بين السقوط من افق الحدث ، وحتى التدمير التام عند المركز . اما في ثقب اسود اثقل مليون مرة من الشمس ، فان زمن السقوط يستغرق حوالي ثلاثة ساعات . وفقط بالنسبة لثقب اسود هائل في ثقل مجرتنا ، نبدأ في تسجيل زمن يمكن ادراكه ، ولكنه مع ذلك لا يبلغ اكثر من اسبوعين .

ويجب أن نذكر ان الزمن الذي نتحدث عنه ، اينما كان سواء هنا على الارض أو نحن نهبط مندفعين لنلقى حتفنا داخل عمق الثقب الاسود ، انما هو زمننا المناسب Proper Time الذي نقيسه بساعة يد نحملها معنا . ومن الضروري التأكيد على هذا ، طالما انه ليس من الصواب ان نتحدث عن (الزمن) دون ان نتبين كيفية قياسه ، وهذا التحديد الاضافي ضروري داخل الثقب الاسود حيث يندمج هناك الزمن بالمكان .

وقد نحاول استخدام نفس الفكرة الخاصة بالزمن ، كتلك المتعارف عليها خارج افق الحدث بمسافة بعيدة . وعندئذ نجد ـ ونحن نسقط صوب الثقب الاسود وحيد الاتجاه ـ ان الزمن يزداد دون حدود ، واذا لاحظنا الساعات البعيدة جدا لبدت لنا انها تسير اسرع ، واذا اقتربنا من افق الحدث نلاحظ انها تبطيء من حركتها ، حتى تبدو وكأنها لا تتحرك مطلقا . وخلال مرورنا في افق الحدث واقترابنا من المركز ، تنقلب عقارب الساعة الى الاتجاه العكسي وكأننا نسير الى الخلف في الزمن ، اي ان الزمن بدلا من أن يتقدم الى الامام يتراجع الى الوراء .

وبينما نسقط الى مركز الثقب الاسود ، يمكننا ان نلاحظ ظاهرة مثيرة جدا . فلو فرضنا أن هناك سفن فضاء تسقط قبلنا ، وامكننا ان نبعث لها برسائل لاسلكية فانها لن تستطيع أن تجيب عليها ، وكذلك فلن نتمكن من اجابة رسائل سفن فضاء تسقط

بعدنا . فاذا شئنا ان نسافر الى مركز الثقب الاسود ، برفقة سفن فضاء اخرى ، ولكي يستطيع كل منا الاتصال بالاخر يجب أن نكون قريبين من بعضنا بعضا الى حد كبير ، وأن نحافظ على نفس المسافة تماما من المركز . وليس الزمن هنا مختلف فقط بل ايضا مفهوم (المسافة) في هذا العالم شديد الغموض .

وبينما قد نهتم بالسمات الغريبة لشكل الثقب الاسود من الداخل ، فانه يزعجنا اشد الازعاج مصيرنا ونحن نقترب من المركز . فاننا ونحن نفعل ذلك تزداد قوى الجاذبية الهائلة الواقعة علينا باستمرار حتى تصبح لا نهائية عند مركز الثقب الاسود . ولا نستطيع ان نتحمل الا مقدارا معينا من قوى الجاذبية علينا ، وان نعد انفسنا للموت خلال وقت قصير جدا ، يبلغ جزءا من الثانية . ان القوى الواقعة على جسم رائد الفضاء ، ذات طبيعة اشبه بطبيعة مد البحر ، ومن ثم يكون هناك قوى مروعة على قدمي الشخص الهابط في عمق الثقب الاسود ، اذا كان ساقطا وقدماه امامه ، اذ تكون الجاذبية على قدميه اكثر من بقية أجزاء جسمه التي هي ابعد نسبيا عن المركز .

وعندما يقترب رائد الفضاء من المنطقة الحرجة في الثقب الاسود ، فان قوى الجاذبية تزداد الى ما لا نهاية ، وبذا تكون فعاليتها كبيرة جدا عند اقل اختلاف في المسافة ، ونتيجة لذلك تمد الجسم الى طول لا نهاية له ، على أنه ــ في نفس الوقت ــ ينخفض حجمه باستمرار وهو يقع ، نظرا للضغط المتزايد في الثقب الاسود.

ولا يحتاج رائد الفضاء الا لمائة كيلو متر بعيدا عن ثقب اسود ذى حجم يساوي حجم الشمس ، قبل ان يلقى حتفه ، وهو بهذا يكون لا يزال على مسافة بعيدة من افق الحدث (الذي لا يبعد عن الثقب الاسود الا مسافة كيلو مترا ونصف) . من هذا يتضح ان الثقب الاسود الذي لا يكون اثقل من عشر الى مائة مرة من شمسنا ، يمكن ان يؤثر تاثيرا مديا قويا على اي مسافر في الفضاء ، يغامر

بالاقتراب منه رغم بقائه خارج افق الحدث الا اذا استمرت قوة دفع صواريخه تعمل ، عندما يمر على مسافة من ثقب اسود ، والا سقط في الطريق الذي لا عودة منه .

الثقوب السوداء الدوارة

ان تجارب رائد فضاء المستقبل وهو يقع في مركز ثقب اسود ، يمكن ان تكون اكثر غرابة في حالة ثقب اسود دوار Rotating Black Hole ، حيث تحدث له وقائع جديدة تجعل الحالة السابقة (حالة الثقب الاسود الثابت Stationary Black Hole) تبدو امورا غير مثيرة ، اذا ما قورنت بها . حقا ان رائد الفضاء سيتعرض للدمار الشامل ، اذا سقط في الثقب الاسود الدوار من الناحية الاستوائية حيث يدور المحور من الشمال للجنوب ، وتؤثر فيه تلك القوى المدية اللانهائية والتي هي خاصية من خصائص الثقب الاسود . وهذه الخاصية الفريدة للثقب الاسود الثابت ، والمحايد كهربائيا ، تقع في المركز تماما ويعاني منها في النهاية اي رائد فضاء يكون حظه العاثر ، قد اوقعه في افق الحدث ثم في عمق الثقب الاسود . ولكن الثقب الاسود الدوار بشحنة كهربائية او بدونها تكون خاصيته (حيث قوى الجاذبية تبلغ اللانهاية) على شكل حلقة عند خط الاستواء .

ويعتقد علماء الفلك ان غالبية النجوم المنهارة سينتج عنها ثقوب سوداء دوارة ، ومن ثم فان رائد الفضاء في المستقبل الذي سيقتنص في شباك ثقب اسود دوار سيتم فناءه بسبب تاثير تلك القوى الجذبية الهائلة ، والتي يزيد في تاثيرها سرعة الدوران . ولنتحول الى الثقب الاسود الدوار الاكبر بكثير – مثل ذلك الذي يقترب من حجم مجرتنا – فان رائد الفضاء الذي يسقط داخله ، خلافا لما يحدث له في الثقب الاسود الدوار الصغير او متوسط الحجم ، يمكنه أن يبقى على قيد الحياة طوال رحلته في افق

الحدث ، ولكنه لن يستطيع ابدا أن يعود الى العالم الخارجي . فما الذي يحدث له . هل يظل يدور داخل الغلاف وحيد الاتجاه حتى يموت جوعا أو يموت بالشيخوخة ؟ .

ان الاجابة على هذه الاسئلة ، تدعو الى منتهى الدهشة ! ففي الجزء الاول من رحلة رائد الفضاء خلال أفق الحدث ، يكون قد عانى من ذلك التداخل بين الزمن والمكان Spacetime ، والذي يكون قد صادفه في الثقب الاسود الثابت والمحايد كهربائيا . ولكن في حالة الثقب الاسود الدوار ، بعد أن يكون رائد الفضاء قد اندفع بعنف بالغ صوب خاصية الحلقة عند خط الاستواء ، يسقط في منطقة جديدة حيث يتداخل فيها الزمن والمكان مرة أخرى، ويتدفق الزمن الى الامام ويعود الفضاء تحت سيطرته مرة ثانية . وفي هذه المرحلة قد يتنفس رائد الفضاء الصعداء ، فقد عاد الى مكان يشبه العالم الطبيعي ، ولكن في حقيقة الامر تكون متاعبه قد بدأت .

فالمنطقة التي دخلها في ذلك الوقت ، هي في الواقع متصلة بكون اخر تماما ، وهو الان يستطيع الابتعادعن مركز الثقب الاسود، بل ويمكنه الاتصال برفقائه الذين سقطوا معه ، بل انه قد يحاول الهروب من خلال المنطقة الغريبة التي سبق وسقط فيها ، ولكنه اذا قام بهذه المحاولة وجب عليه في الواقع ، أن يسافر خلال منطقة ذات خواص مشابهة ولكن في كون مختلف ، ومهما حاول فلن يستطيع ابدا العودة الى كونه القديم . اي أن رائد فضاء المستقبل بمجرد دخوله الثقب الاسود الدوار الكبير ، يندفع الى الداخل ناحية المركز ، ومنه الى مكان غريب غامض بالخواص العادية للزمن والمكان ، ولكنه متصل بكونين : الكون المألوف لرائد الفضاء ، وكون اخر . وما أن يترك رائد الفضاء كونه ، حتى لا يستطيع العودة اليه ابدا ، اما ما عسى ان يجده في هذا الكون الاخر فليس لدى العلماء فكرة دقيقة عنه .

ومع هذا فيرى بعض العلماء ، ان الكون الاخر (ب) يحتوي على ثقب اسود مماثل للموجود في الكون الاول (أ) . وقد يتوق رائد الفضاء الى العودة الى كونه (أ) ، ويعتقد ان السقوط في الثقب الاسود الاخر سيمكنه من تحقيق غرضه . ولكن سرعــان ما يخيب ظنه عندما يجد نفسه يمر خلال صورة طبق الاصل ، من مركز الثقب الاسود (أ) ثم الى كون جديد اخر (جـ) يختلف عن الكونين (أ) ، (ب) ولكنه يحتوي ايضا على ثقب اسود دوار مماثل . وهكذا يستطيع رائد الفضاء ، أن يستمر في رحلاتــه ذاهبا من كون الى اخر ، ولكنه لن يتمكن ابدا من العودة الى كونه الاصلي (أ) .

اما الثقب الاسود الثابت ، فان خاصيته لا تجعل مسافر الفضاء الذي يهبط فيه تائها بين كون واخر .، ولكنها ستسحق كل ما يدخل فيها الى عدم . ومن الواضح ان الثقوب السوداء الثابتة اخطر من الدوارة . ويتوقع العلماء ان تكون معظم الثقوب السوداء دوارة .

وهناك العديد من المفاجآت الاخرى التي يخبئها القدر ، لذلك المسافر في الفضاء الذي يكون قد اوقعه سوء الحظ داخل ثقب اسود دوار ، فما ان يقع خارج كونه الاصلي حتى يكون امامه فرصة للقيام برحلة في الزمن . فاذا سار في طريق دائري حول المدار الذي يدور حول الثقب الاسود ولكن في اتجاه مضاد ، وفي كل رحلة دائرية حول المحور ، يكسب رائد الفضاء مقدارا من الزمن يتناسب مع دوران الثقب الاسود . وبطبيعة الحال ، فانه لن يستطيع أن يستخدم هذا الزمن الذي كسبه ، طالما انه لن يتمكن ابدا من العودة الى كونه الاصلي ، بل سيظل ينتقل من كون الى اخر .

وحسب نظرية النسبية لاينشتين ، فان الرحلة في الزمن لا تتم الا اذا كانت سرعة المسافر اكبر من سرعة الضوء وهــذا مستحيل ، ولكن في هذه الحالة نجد ان السفر ممكن بسرعة تقل عن

سرعة الضوء ، وينشأ هذا بسبب تلك الطبيعة الغريبة للفضاء داخل الثقب الاسود الدوار . وفي الواقع ان هذه الرحلات في الزمن مزعجة جدا للعلماء ، لانها تناقض كل منطق في هذا الكون .

ان كل الاسئلة التي نوقشت حتى الان ، محيرة جدا وليس هناك جواب اكيد عليها في الوقت الحاضر على الاقل ، فطريقة تفكيرنا قد رتبت بحيث تستبعد مثل هذه الاحتمالات ، ولا حاجة بنا لان نغير موقفنا اذا كنا لا نريد الا ان نفهم عالمنا الطبيعي الحاضر .

ولكن من المحتمل وجود الثقب الاسود الدوار ، وبالتالي هناك احتمال لمصادفة مثل هذه الامور الغريبة ، ولو بدت مستحيلة ، فالكون ليس عجيبا فقط ولكنه أغرب مما يمكن أن نتصور .

النفق الكوني .. والثقب الابيض

امتدادا لنظرية الثقوب السوداء ، وضع بعض العلماء تصورات نظرية ونماذج رياضية لتفسير بعض الظواهر الكونية الغامضة . ومن احدث آراء علماء الفلك في هذا الصدد ، أن هناك تدفقات كونية تأتي الى كوننا المرئي من كون اخر مجهول لا يعرفون عنه شيئا ، بل هو سر من الاسرار .

فالمادة التي تختفي في داخل ثقب اسود دوار تنتقل الى كون اخر ، عن طريق ما يسمى بالنفق الكوني Wormhole ، وتنبثق هناك في شكل متدفق كوني يطلق عليه اسم الثقب الابيض White Hole والثقب الابيض هو عكس الثقب الاسود ، فبينما تختفي المادة وتفقد كل خصائصها داخل مركز الثقب الاسود أو خاصيته المميزة Singularity ، فانها تندفع خلال النفق الكوني لتنبثق مرة اخرى ــ بشكل مختلف ــ في الكون الاخر بشكل ثقب أبيض .

ويحاول علماء الفلك الان ، أن يوجدوا صلة ما بين مجرات معينة ، وبين بعض اشباه النجوم (الكوازرات) ، ويرون انها ربما تكون منطلقة منها . فقد لاحظوا أن بعض أشباه النجوم تبدو أخفت

من رفيقاتها حتى أن تألقها يبلغ حوالي واحد على مائة من تألق المجرة المصاحبة لها ، ومع هذا فان هذه الكوازرات الباهتة تصدر كمية مذهلة من الطاقة . وقد راى بعض علماء الفلك ، أن هناك نوعين من الكوازرات يمكن أن يتطورا الى مجرات ، فالاكثر ضياء تتحول الى مجرات هائلة ، اما الاقل ضياء فيمكن أن تتطور الى مجرات اقزام Dwarf Galaxies .

ولا غرابة في ذلك اذا عرفنا ان الكوازرات ، هي متدفقات كونية أو ثقوب بيضاء فالمادة التي تنتجها تكون شديدة النشاط وتنطلق بقوة هائلة ، وهذا تفسير معقول لمشكلة الطاقة الغامضة التي تمد أشباه النجوم (الكوازرات) ، بذلك النشاط الجبار الذي يصل الينا وهي على بعد بلايين السنوات الضوئية . ويتابع علماء الفلك في الوقت الحاضر ابحاثهم ، للتأكد مما اذا كانت الكوازرات هي مقدمات لولادة مجرات جديدة ، وقد لازم هذه الفكرة افتراض انه كلما تقدم العمر بالمجرات ، فان الكثير من النجوم فيها قد تتطور وتشيخ ، ثم تلقى حتفها كثقوب سوداء صغيرة . وأن نواة المجرة عندما تتقدم في العمر قد تصبح ثقبا اسود كبيرا ينمو .

ومثل هذا الثقب الهائل قد يبتلع المادة المتبقية في المجرة ، وينتج مقدارا عظيما من الاشعاع عندما تنطلق الطاقة ، كنتيجة لاصطدام الجزيئات بعضها ببعض وهي تدخل بشكل دوامة في أفق الحدث للثقب الاسود الهائل . بل لقد اقترح بعض العلماء أن ثمة ثقبا أسود ينمو بالفعل في مركز مجرتنا ، وبعد أن يصل الثقب الاسود الى حد معين ـ غير معروف حتى الان ـ تنبثق المادة في شكل جديد ، في الكون الاخر كثقب ابيض ، وتتم عملية ولادة جديدة لا يعلم من امرها الا الخالق جل شأنه .

... الى كون اخر

ولكي يمكن تقديم توضيح أكثر لفكرة الثقوب السوداء ، وعلاقتها بالثقوب البيضاء والانفاق الكونية ، قام عدد من علماء الفلك باقامة هذا النموذج (شكل ـ ٥١) .

من الشكل المذكور ، يتضح ان الزمن يزداد عند قمته ، أما الفضاء فقد وضح بشكل أفقي أما الضوء فيتحرك الى اعلى في خطوط مائلة على درجة ٤٥ . أما الاشياء التي تتحرك اقل من سرعة الضوء فتنطلـق على طول خطوط أقـرب الى المستوى الراسي .

انظر اولا الى الجزء غير المظلل من النموذج ، فالخط الثقيل عند حافة المنطقة المظللة يمثل سطح الاشياء المنهارة (نجم أو مجموعة نجوم مثلا) التي كانت تؤلف الثقب الاسود ، اما افق الحدث فهو خط الـ ٤٥ درجة في الرسم ، ومركز الثقب الاسود رسم بشكل أسنان سوداء .

أما الجزء غير المظلل فيمثل فراغ الفضاء ، أما الجزء المظلل فيمثل الشيء الذي انهار ليؤلف الثقب الاسود . واذا فحصنا بدقة الجزء المظلل ، يظهر لنا الثقب الاسود كبوابة لكون اخر ، فانك ترى صورة مرآة للثقب الاسود على يسار الصفحة ، كما يوجد أفقان حادثان أحدهما موضعه في المنطقة المظللة تماما . ويوجد أيضا مركزان ، أحدهما في أسفل الرسم ويبدو وكانما يوجد في منطقتا فضاء ، وكونان أو جزءان من نفس الكون خارج كل من الافقين . أما الخط المسمى النفق الكوني ، فيبدو وكأنه يوصل ما بين الكونين . ويظهر من هذا النموذج أيضا ، أنه يمكنك أن تشق طريقك خلال النفق الكوني ، وتسافر من كوننا الى هذا الكون الاخر الغامض . وفي ثقب أسود لا يدور ، تكون هذه الرحلة مستحيلة لانه يجب عليك أن تزيد سرعتك عن سرعة الضوء ، ففي النموذج يسافر الضوء على خط ٤٥ ، ولكي تنفذ من ثقب النفق الكوني ، يجب أن تسافر أسرع من الضوء وهو أمر محال .

وهناك شيء اخر مثير يمكن استخلاصه من النموذج ، وهو أن الثقب الابيض ينبثق من مركز الثقب الاسود ، وينطلق الى الخارج من خلال أفق الحدث ، وينفجر بشدة في كوننا .

السروال الزمني المكاني

وقد اخذ عدد من الباحثين النظريين ، هذه الثقوب البيضاء بشكل جدي ـ برغم انها مجرد نماذج افتراضية حتى الان ـ وفيما يتعلق بالكوازرات بصفة خاصة ، ولكن يجب ان ننظر الى الثقوب البيضاء بغاية الحذر ذلك ان الثقب الاسود ، ما ان يتكون فلا سبيل الى تدميره وهو ينشأ عنيفا ، ولكنه بعد ذلك يستقر الى الابد

اما الثقب الابيض ـ العكس الزمني للثقب الاسود ـ فلا بد انه كان موجودا منذ بداية خلق الكون ، ولكنه كان مختفيا ، وعندما تحين لحظات انفجاره تنبثق منه المادة في أوقات غير محددة . ان أبسط طريقة يمكن بها تصور الكون هو انه يشبه (جذع شجرة) ، اننا في مكان ما في الوسط غير قادرين على رؤية حواف هذه الشجرة ، واتجاه الزمن نحو أعلى الشجرة .

فلو فرضنا اننا نعيش في المجرة (أ) وان هناك مجرة ثانية (ب) ، تظل هاتان المجرتان تتحركان حتى تصلان الى مفترق الطرق لتتخذ كل منها طريقا ، كما يتضح من الشكل ٥٢ حيث يتحد الزمن بالمكان .

ويخيل الينا ان المجرة (ب) قد اختفت ، فهي في واقع الامر قد سقطت داخل ثقب أسود . ولكي يمكن لنا ان نبرر الظهور المفاجىء للمادة في كوننا ، فاننا سنعكس هذا النموذج الافتراضي السابق ليصبح كما في شكل ٥٣ .

ان نموذج جذع الشجرة المعكوس يشبه السروال ، ويتضح من هذا النموذج ان رحلة المجرة (أ) في احد طرفي هذا السروال ، ستصل به الى وقت نرى فيه المجرة (ب) فجاة، وهي تنبثق في الكون

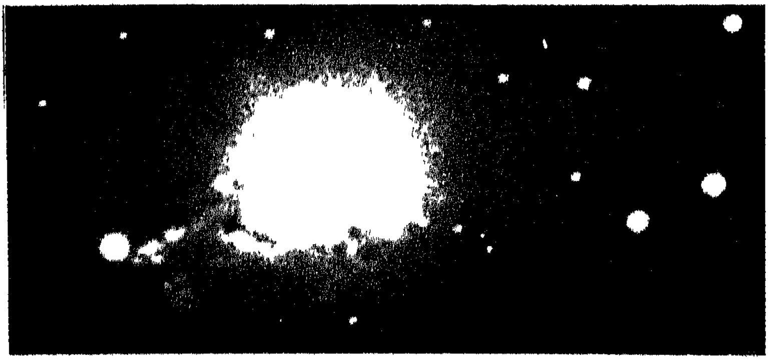
فكرة اندماج الزمن والمكان

كما ان الاحساس بالاضواء والالوان ليس له معنى ، الا في وجود العيون المبصرة ، كذلك فان الاحساس بمرور الزمن ،

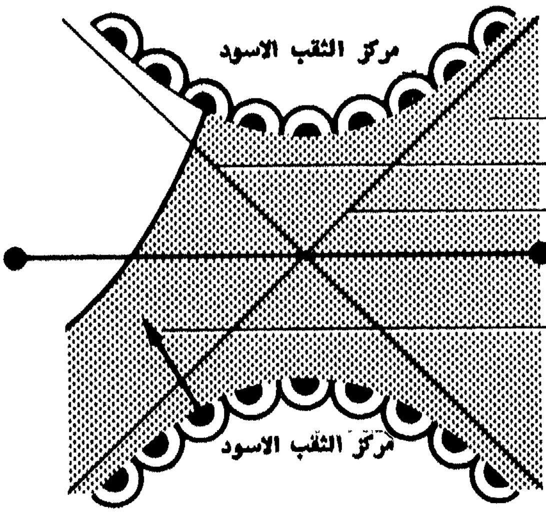
ليس له معنى الا اذا كانت هناك أحداث متتالية تميزه . وعندئذ نستطيع القول أن هذا الحدث قد وقع في الماضي ، وان ذاك يحدث الان ، وغيره قد يحدث في المستقبل . ومجرد تصور ماض وحاضر ومستقبل ، هو الذي يوحي الينا بمرور الزمن ، وكأنما هو ترتيب من أحداث متتابعة ، تماما كما نرى الكون ترتيبا من أجرام سماوية تنتظم في فضائه ..

والزمن يعتمد على حركة الكون الدائبة ، وكل ما في الكون يتحرك وان بدا لنا ثابتا . فاذا كان شخص ما واقفا بالنسبة لك . الا انه يتحرك مع الارض بالنسبة لشيء اخر في الكون ، ولهذا فان الحركة دليل الوجود . فالانسان يتحرك والذرة والجسيمات والاشعاعات والارض والغلاف الجوي والقمر والشمس والنجوم والمجرات والكوكبات (مجموعات المجرات) . كل شيء يتحرك بالنسبة لغيره . وما دام كل شيء يتحرك ، فلا بد أن يحمل معه زمنه أي كلما تحرك واسرع ، كان عمره أطول بمعنى أن زمنه الذي يسري معه يبطيء بالنسبة لما حوله من حركات أخرى او ازمنة أخرى مختلفة .

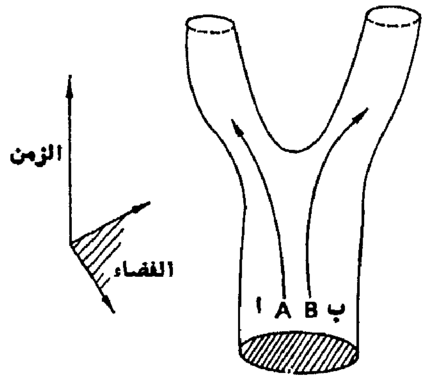
هذه في واقع الامر نتيجة غريبة قد لا يعقلها الذهن البشري ، ذلك لاننا بطبيعة نشأتنا على كوكب الارض نقيس كل الامور على قدر ما تتقبله حواسنا القاصرة .. والواقع أن النظرية النسبية العامة لاينشتين ، لا تقتصر على أحداثنا الارضية وزمننا الارضي ، الذي يعتمد على سرعة الشيء وانطلاقه ، ولو فعلت لكانت نظرية قاصرة لا تعالج الموضوع ككل . ولهذا فان ما يعنينا هنا في تحليلنا لظواهر الثقب الاسود والابيض ، هو فكرة اندماج الزمن والمكان ، لاننا نتعامل بالابعاد الاربعة (الطول والعرض والارتفاع والزمن) ، وايضا لاننا نطبق فكرة أن الفضاء ينحني بجوار الكتل الكبيرة من المادة (واحدى نتائج هذا التحدب Curvature هو انحراف ضوء النجم المار على حافة الجرم ، وقد تم قياسه أثناء الكسوف الكلي للشمس) .



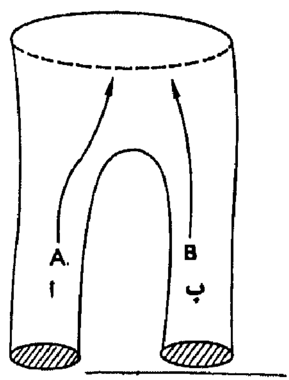
(شكل ـ ٥٠) المجرة السيفرتية النشطة (ن ج س ١٢٧٥) ، هل هي ثقب اسود ؟



(شكل ـ ٥١) الثقب الاسود والنفق الكوني والثقب الابيض ، وتمثل المنطقة المنقطة النجم المتقلص والذي كان انهياره سببا في تكون الثقب الاسود



(شكل٥٢) نموذج جذع شجرة



(شكل ـ ٥٣) نموذج السروال

خاتمة

اتضح لنا في البابين الثاني والثالث ، انه قد توجد ثلاثة انواع من الجثث النجمية : الاقزام البيضاء ونجوم النيوترون والثقوب السوداء . والنجم يموت عندما تتوقف تفاعلاته النووية ، المولدة للطاقة الضرورية للمحافظة على ضغط النجم الداخلي الذي يبقي عليه من الانهيار تحت ثقل الطبقات الخارجية . أما الاقزام البيضاء ونجوم النيوترون ففيها ضغط تحللي ، بدلا من الضغط الحراري ومن ثم امكن لها ان تبرد دون ان تنهار . ومن المعروف ان الاقزام البيضاء ونجوم النيوترون موجودة في العالم الحقيقي ، الاولى كنجوم خافتة والثانية كنجوم نابضة (بلسارات) .

اما الثقوب السوداء ــ اذا كان لها وجود ــ فانها تتألف من انهيار نجوم ضخمة جدا ، والسمة المميزة للثقوب السوداء هو افق الحدث ، وهو حد كروي يفصل داخل الثقب الاسود عن العالم الخارجي الذي نعيش فيه . وظواهر الثقب الاسود تحدث تماما خارج افق الحدث ، حيث يسقط شيء نحو الثقب الاسود وتضغطه قوى الجاذبية المدية ، فيبدو انه يتجمد قرب افق الحدث تماما . وبعض النجوم المزدوجة قد يكون احدها ثقبا اسود يطلق اشعة سينية (اكس) ، وربما كان نجم الدجاجة اكس ــ ١ ثقبا اسود ، فهناك ادلة قوية تؤكد هذا . أما الثقوب البيضاء والانفاق الكونية ، فهي مجرد تخمينات حسابية او نماذج لا أساس لها من الواقع ، وليس معنى هذا انها لن تكون ابدا الا حدسا نظريا ، فحدس اليوم قد يصبح او لا يصبح حقيقة الغد . وفي كل يوم يتضح لنا مدى روعة هذا الكون وما فيه من أسرار ونظام بديع ، ينبيء بعظمة الخالق جل شانه .

اكتشافات جديدة عن المشـتري (١)

في حوالي منتصف شهر مارس (آذار) ١٩٧٩ مرت المركبة الفضائية « المسـافر رقم ١ » Voyager 1 بأقرب نقطة في مسارها من المشتري فقد كانت على بعد ٢٧٨٫٠٠٠ كيلو متر (١٧٢٤٠٠ ميل) من غيوم المشتري المتلاطمة . واستطاعت المركبة تحمل الاشعاع الشديد المنبعث هناكوأخذت عدساتها آلاف الصور لسطح المشتري واقماره وما يحيط به ... ومع انها كانت تسير بسرعة ١٠٤٦٠٠ كيلو متر في الساعة (٥٥٫٠٠٠ ميل / الساعة) وعلى البعد المشار اليه فقد كانت الصور التي وصلت الى محطة المراقبة واضحة ومثيرة الى حد كبير ... وقال الفلكي برادفورد سميث (أريزونا) عن تجربته عند مشاهدة تلك الصور « اننا نقف هنـا وافواهنا شاغرة وليس لدينا رغبة في ان ننقل بصرنا عن الشاشات » . أما كارل ساغان (كورنيل) فقد عقدت الدهشة لسانه فترة من الوقت ثم قال : « يكاد يكون هذا فوق التفسير والتعليل ... ان هناك كيمياء مختلفة وفيزياء مختلفة وقوى مختلفة عما نعرف » .

واستمر اللقاء على البعـد القـريب بين المركبـة الفضائية والمشتري تسعا وثلاثين ساعة مليئة مشحونة بالمعلومات التي ملأت اميالا من شريط التسجيل المغناطيسي في المحطة الارضية والتي ستشغل العلماء في دراستها سنوات طوالا .

---

(١) والكتاب تحت الطبع في المطبعة اعلنت بعض نتائج رحلة المركبة الفضائيـة « المسافر رقم ١» الى المشترى . وقد وجدنا ان من حق القارىء العربي علينا ان نلحق بعض تلك النتائج والمعلومات بالكتاب الحاقا حتى لا يخرج الكتاب وقد اغفل ما قد اعلن ونأمل في طبعات تالية ان ندخل هذه المعلومات وغيرهـا مما يكشف النقاب عنه في متن الكتاب .
ونحن ان ننوه بأن معظم المعلومات في هذا الملحق مأخوذة عن مجلة تايـم عدد ١٩ (مارس آذار ١٩٧٩) . — زهير الكرمي —

واول ما لاحظه العلماء هو أن المشتري واقماره تظهر الوانا عديدة وكل لون من درجات وظلال متعددة من ذلك اللون . وبدا للعلماء المشتري بأقماره وكأنه مجموعة شمسية مصغرة . . ثم لاحظ العلماء أن عدد الاقمار ليس اثنى عشر كما كان معروفا من قبل وانما ثلاثة عشر وربما كانت اربعة عشر . وأكبر أربعة من هذه الاقمار (وهي التي اكتشفها جاليليو) وتعرف بأقمار المشتري الجاليلية هي أي أو ، واوروبا وجانميد وكاليستو . وهي ، كقمر الارض ، كبيرة الى حد امكان اعتبارها كوكبا صغيرا . غير أن عدسات المركبة الفضائية أظهرت أن هذه الاقمار معقدة جدا وفوق ذلك تختلف عن بعضها بعضا اختلافا بينا .

فسطوحها ذات اعمار مختلفة ثم ان سطح كاليستو وهو أبعدها عن المشتري مليء بالحفر التي نجمت كما يبدو من اصطدام عدد كبير جدا من النيازك بذلك السطح في مدى اربعة آلاف مليون سنة . وليس في كاليستو جبال ولكن فيه ظاهرة لا ترى في اي مكان اخر من المجموعة الشمسية وهي وجود حفر منخفضة كبيرة ضخمة تحيط بها حلقات دائرية متتالية ومتحدة المركز وتبدو حواف هذه الحلقات مرتفعة وكأنها حواف سلاسل دائرية من الجبال . ويفسر العلماء هذه الظاهرة تفسيرا اوليا بانه من المحتمل أن تكون الحفرة المنخفضة مركز ارتطام نيزك ضخم بسطح القمر كاليستو وأن طاقة الارتطام كانت كبيرة بحيث ولدت قدرا من الحرارة صهر الثلج الذي يغطي السطح وان الماء عندها اندفع في حلقات متتالية (كما يحدث عند سقوط حجر في بركة) ولكن الماء لم يلبث أن تجمد وتجمدت معه حلقات الماء بفعل انخفاض درجة الحرارة الى حد كبير هناك .

واذا نظرنا الى صور جار كاليستو اي الذي يليه قربا من المشتري وهو القمر جانيميد فان بالوسع أن نرى أنه مثل كاليستو مكون نصفه على الاقل من الماء (المتجمد) ولكن سطحه مليء بالحواف المرتفعة التي يقطعها طولا وعرضا العديد من الشقوق التي تبدو

شبيهة بالصدوع على الارض .. وسطح جانيميد فيه حفر أقل بكثير من سطح كاليستو كما أن عمر سطحه يبلغ ربع عمر سطح كاليستو اذ لا يتعدى ألف مليون سنة .

ولم تستطع اجهزة التصوير اخذ العديد من الصور للقمر اوروبا نظرا لوضعه آنذاك بالنسبة لوضع المركبة الفضائية .. ولكن خيبة الامل في هذا المجال عوضتها اجهزة التصوير بتصويرها القمر اي أو اكثر الاقمار الاربعة قربا من المشتري ... وقد اتضح أن لون هذا القمر احمر ــ برتقالي زاه . وسطحه ملىء بالهضاب والسهول الجافة والمرتفعات وخطط الصدوع .. ولديه بركان واحد على الاقل يحتمل ان يكون ما زال نشطا ويبلغ قطر فوهته ٥٠ كيلو مترا . على أن سطح تربته املس وهــذا يدل على حداثة عهده (اذ يقدر العلماء عمره تقديرا اوليا بما بين ١٠ مليون و ١٠٠ مليون سنة فقط) .. وليس في السطح غير آثار قليلة لارتطام نيازك به .. ويعتقد العلماء ان نعومة السطح ناجمة عن عملية تعرية شديدة .. ويظن هؤلاء بأن عملية التعرية هذه تتم بفعل قصف أشعاعي شديد نابع من منطقة الاشعاع في المشتري .. وهذه المنطقة على شكل حزام يشبه (الكعكة) .. وقد سجلت اجهزة المركبة الفضائية قوة الاشعاع هنا بما يعادل ٤٠٠٠ر٠٠٠ واط من الكهرباء .

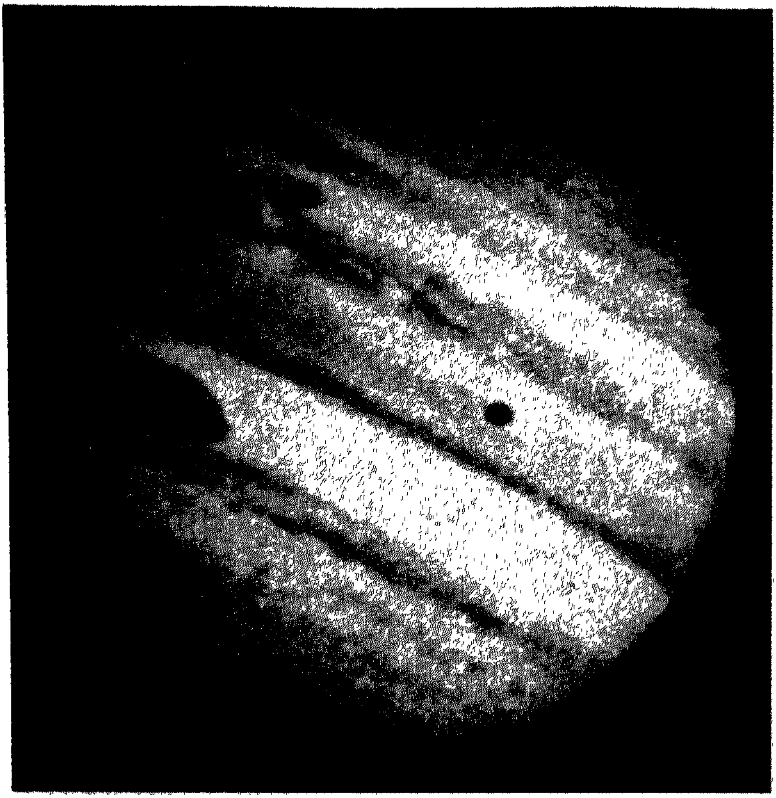
كما مرت المركبة بالقرب من القمر امالثيا وهو أقرب قمر للمشتري (ولكنه ليس من الاقمار التي اكتشفها جاليليو) .. وقد اتضح من الصور أن هذا القمر ليس كرويا ولكنه ممتد طوليا بشكل غريب اذ يبلغ ارتفاعه ١٣٠ كيلو مترا وطوله ٢٢٠ كيلو مترا .

ولعل اغرب ظاهرة سجلتها عدسات المركبة الفضائية هــي وجود حلقة حول المشتري شبيهة بحلقات زحل .. ومن تحليل أولي للصور يقول العلماء بأن هذه الحلقة تتكون من صخور الحجارة التي ترى في مجرى النهر الجاف .. وقد تردد العلماء في اعلان هذا الكشف الى أن اجروا فحوصات متكررة للصور وكان معروفا أن كوكب زحل فقط لديه حلقات ثم اكتشف في عام ١٩٧٧ وجود

حلقات حول كوكب اورانوس .. ومع ان مركبتي الفضاء بيونير ١٠ و ١١ اجريتا من قبل مسحا للمشتري الا انهما لم تسجلا وجود حلقات . ومن دراسة الصور الجديدة يمكن تفسير عدم مقدرة مركبتي الفضاء بيونير ١٠ و ١١ على اكتشاف هذه الحلقة ذلك انها رقيقة نسبيا اذ لا يزيد سمكها على كيلو متر واحد .

كما صورت عدسات المركبة الفضائية البقعة الحمراء الضخمة في المشتري ولكن الصور لم تساعد العلماء على فهم سر هذه البقعة .

وككل كشف علمي اثارت هذه المعلومات من التساؤلات والمشكلات اكثر مما حلت . ورغم ان رحلة المركبة الفضائية « المسافر رقم ١ » كلفت ٤٠٠ مليون دولار الا أن العلماء متحمسون لها وينتظرون وصول المركبة الفضائية التالية (المسافر رقم ٢) الى المشتري في أواخر هذا العام ، وعسى ان تستطيع توكيد معلومات اختها رقم (١) والاضافة اليها .



كوكب المشترى

المحتوى

صفحة